早わかり
マシン語事典

春田正夫／沢田　昭

MACHINE
LANGUAGE

新星出版社

早わかり
マシン語事典

春田正夫／沢田　昭

MACHINE LANGUAGE

新星出版社

はじめに

かつて、ワンボード・マイコンがありました。そのときのプログラミング言語はマシン語でした。そのあとパソコンになって、プログラミング言語はベーシックになりました。そしていままた、プログラミング言語はマシン語、と思えるほどマシン語が盛んになってきましたが、これからはベーシックとかマシン語とかの一方に偏らずに、ベーシックの長所とマシン語の長所を組み合せてプログラムを作っていくほうが簡単で、しかも、面白いプログラムを作ることができると思います。

そのためには、マシン語を勉強しなければなりませんが、ベーシックと違って、マシン語についてはマニュアルを見ても解説されていません。解説されているのは、マシン語のコマンドだけです。これでは、マシン語を学んでみようにも勉強することができません。そこで、これからマシン語を学んでみようという人のために、この本を書きました。

この本は、これからマシン語を勉強しようという人のためのものですから、まず、マシン語を使うとき知っておくと役に立つ事柄について説明しました。

つぎにマシン語の命令のなかから、基礎的な命令を選び出して、だれでもわかるように詳しく説明しました。説明の仕方は、単にマシン語の命令を取りあげて、その命令の働きを説明しても意味がないので、キャラクタを画面に表示させたり、移動させたりして、そのプログラムのなかでマシン語の命令やその働きが理解できるようにしました。このようにすると、マシン語の命令の働きばかりでなく、マシン語のプログラムがどのように作られているかということも、理解することができると考えたからです。

この本で取りあげたマシン語は、Z－80CP Uのマシン語です。したがってZ－80CPUを搭載しているパソコンなら、どの機種にも共通しています。ただマシン語が共通であっても、機種によって構造が異なります。機種によって異なる点は、マシン語を記憶するメモリ領域と、キャラクタを表示するVRAMのメモリ番地です。

この本を書くにあたって使った機種は、ＰＣ－8001です。したがって、ＰＣ－8001mkII、ＰＣ－8801およびMKIIのN－BASICモードでは、この本をそのまま活用することができます。そのほかの機種は、さきに述べた点に注意してこの本を活用してください。

もくじ

画面に表示されているものすべてを消す …………………… 188

UFOやタンクなどのキャラクタを作るには …………… 193

タンクなどのキャラクタを画面に表示する ………… 195

タンクから弾を発射する ………………………………………… 206

マシン語が使える状態にする ベーシックが使える状態に戻す

MONコマンドで、マシン語が使える状態にする

ふつうパソコンは、ふたつの状態（コマンド・レベル）を持っています。ひとつは、ベーシックが使える状態**（ベーシックのコマンド・レベル）**、もうひとつは、マシン語が使える状態**（マシン語のコマンド・レベル）**です。

パソコンに電源を入れると、つぎに示すような状態になります。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
■





      auto    go to   list   run
```

Ok ←――ベーシックのコマンド・レベル（ベーシックが使える状態）

■ ←――カーソル

画面にOKが表示され、カーソルが点滅している状態は、ベーシックのコマンド・レベルで、ベーシックのプログラムを入力することはできますが、マシン語のプログラムを入力することはできません。

今日のパソコンは、だれもがパソコンを使うことができるように、**スイッチ・オン・ベーシック**になっています。そのため、電源を入れると、まずベーシックのコマンド・レベルになるわけです。

したがって、マシン語が使える状態つまりマシン語のコマンド・レベルにするには、**MONコマンド**を入力して、ベーシックのコマンド・レベルを、マシン語のコマンド・レベルに切り換える必要があります。

MON ⏎

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok  ←ベーシックのコマンド・レベル
mon ←MONコマンドを入力して[RET]キーを押す
*■  ←*印が表示されるとマシン語のコマンド・レベル(マシン語が使える状態)
```

上の図に示すように、MONコマンドを入力して[RET]キーを叩きます。なお、⏎の印は、[RET]キーを叩くことを意味しています。

mon ⏎ ←マシン語のコマンド・レベルにする

すると、MONコマンドの下に＊印（アスタリスク）が表示されます。

mon

＊ ←マシン語のコマンド・レベルの印

この＊印が表示された状態がマシン語のコマンド・レベルです。これでマシン語のプログラムを入力したり、入力したプログラムを実行させたりすることができるようになります。

OK ←ベーシックのコマンド・レベル

＊ ←マシン語のコマンド・レベル

ベーシックのコマンド・レベルに戻すには

では、マシン語のコマンド・レベルになったところで、ふたたびベーシックのコマンド・レベルに戻すことにします。マシン語のコマンド・レベルからベーシックのコマンド・レベルに戻す方法を知らないと、パソコンのうしろにあるリセットボタンを押したり、リセットボタンを押すということを知らないときは、パソコンの電源を切ったりしなければならなくなります。

マシン語のコマンド・レベルからベーシックのコマンド・レベルに戻すには CTRL キーとアルファベットの B のキーを一緒に押します。

CTRL + B

この場合、RET キーを叩く必要はありません。ふたつのキーを一緒に押すだけです。すると、カーソルが点滅していた位置に、つぎの図に示すような記号を表示して、その下にOKを表示します。

OKが表示された状態は、ベーシックのコマンド・レベルですから、これでマシン語のコマンド・レベルからベーシックのコマンド・レベルに戻ったことになります。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok    ←―――ベーシックのコマンド・レベル
mon   ←―――マシン語のコマンド・レベルにする
*^B   ←―――CTRL キーと B のキーを一緒に押す
Ok    ←―――ベーシックのコマンド・レベルに戻る
■
```

マシン語のプログラムを入力するには

マシン語のプログラムを入力するには、Sコマンド

12頁でマシン語のコマンド・レベルに切り換える方法を説明しました。ここでは、マシン語のプログラムの入力の仕方について説明します。

つぎに示すのがマシン語のプログラムです。プログラムについては107頁から説明するので、ここでは説明を省略しますが、マシン語のプログラムはつぎのように、**16進数で書き表わす**、ということだけ覚えておいてください。

```
3E  E9
32  E4  F6
76
```

マシン語のプログラム

このマシン語のプログラムをベーシックで書くと、つぎのようになります。

```
10  LOCATE  18, 8
20  PRINT  "♥"
30  END
```

マシン語のプログラムを入力して記憶させる場合は、メモリマップを見て、ユーザーエリアと書かれた部分を使いますから、上に示したマシン語のプログラムを入力するには、どの番地のメモリから入力して記憶させるか、まず決めなければなりません。右に示したメモリマップは、PC-8001MKII(32K)のメモリマップです。PC-8001MKII(32K)の場合は、8021番地からE9FF番地までがユーザーエリアとなっていますから、8021番地からE9FF番地まで使うことができるようになっています。

番地	領域
0000H	N-BASIC ROM
	拡張用エリア ワークエリア
8020H / 8021H	ユーザーエリア
E9FFH / EA00H	ワークエリア
	VRAM
	ワークエリア
FFFFH	

メモリマップ

ここでは、D000番地のメモリからマシン語のプログラムを入力することにします。そこでさきのマシン語のプログラムに入力して記憶させるメモリ番地をふると、つぎのようになります。

メモリ番地	マシン語	メモリ番地	マシン語
D000	3E	D003	E4
D001	E9	D004	F6
D002	32	D005	76

D000番地のメモリに3E、D001番地のメモリにE9、D002番地のメモリに32というように、ひとつのメモリに、16進数の2桁を入力して記憶させます。その理由は、ひとつのメモリには1バイト（8ビット）しか記憶させることができないからです。

16進数の場合は、2桁で1バイトです。したがってさきのマシン語のプログラムは、D000番地のメモリからD005番地までに入力して記憶させることになります。

Sコマンドはセット・メモリのこと

では、マシン語のプログラムの入力です。まず、MONコマンドを入力して、マシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon ⏎
* ←―― マシン語のコマンド・レベルにする
```

*印が表示されたら、Sコマンドを入力します。**Sコマンドは、SET MEMORY（セット・メモリ）**のことで、マシン語のプログラムを入力するときに使います。

S <プログラムを入力する最初のメモリ番地>

マシン語のプログラムを入力するときは、Sコマンドのあとに、マシン語のプログラムを入力する最初のメモリ番地を入力します。この場合は、D000番地からマシン語のプログラムを入力していきますから、SコマンドのあとにD000番地を入力することになります。

```
mon
*SD000 ⏎ ←――SコマンドのあとにD000番地を入力する
```

D０００番地を入力したら、RETキーを叩きます。するとつぎの実行結果に示すように、最初のメモリ番地D０００が表示されます。そして、D０００番地のあとにＦＦ－(機種によっては、００－）が表示されます。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon            ←マシン語のコマンド・レベルにする
*SD000         ←Sを入力して、最初のメモリ番地D000を入力する
D000 FF-       ←D000番地とFF-(または00-）が表示される
```

－の左側にある最初のＦＦは、D０００番地に記憶されているデータです。メモリのなかになにもデータが入力されていない場合は、ＦＦか００がデータとして記憶されています。したがって、それを表示するわけです。

```
D000  FF-  }  なにもデータをメモリに入力していないとき
D000  00-  }  FFか00を表示する
```

D０００番地にデータが入力されて記憶されているとすると、そのデータがＦＦか００の代わりに表示されます。たとえば、D０００番地にCDが記憶されていると、次のようになります。

```
D000  CD-  ←データが入力されていると、入力されているデータを表示する
```

D０００番地に入力するデータは、－の右側に入力します。D０００番地のメモリに入力するマシン語は3Eですから、3Eと入力します。この場合RETキーは叩きません。ただ、３とEのキーを叩くだけです。

```
mon ↵
*SD000 ↵
```

```
DOOO  FF-3E
```
DOOO番地に3Eを入力する

３Ｅを入力すると、すぐＤ００１番地のＦＦ－を表示します。

```
mon
*SDOOO
DOOO  FF-3E  FF-
```
DOOO番地に3Eを入力すると、すぐDOO1番地のFF−を表示する

Ｄ００１番地に入力するマシン語はＥ９ですから、Ｅと９のキーを叩きます。

```
mon
*SDOOO
DOOO  FF-3E  FF-E9  FF-
```
DOO1番地にE9を入力する

このように入力していって、Ｄ０００番地からＤ００３番地までに4個のマシン語を入力すると、つぎの実行結果に示すように行が変わって、Ｄ０００番地のつぎのメモリ番地Ｄ００４を表示します。そしてＤ００４番地のＦＦを表示します。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*SD000
D000 FF-3E FF-E9 FF-32 FF-E4
D004 FF-
```

DOOO番地に入力
DOO1番地に入力
DOO2番地に入力
DOO3番地に入力
行が変わってDOO4番地のFFを表示する

```
     auto  go to  list  run
```

データを4個入力すると行が変わるのは、横1行40桁表示だからです。横1行80桁にすると、8個のデータを入力したとき行が変わることになります。

横1行40桁の場合 ← 4個のデータを入力すると行が変わる

横1行80桁の場合 ← 8個のデータを入力すると行が変わる

▶プログラムの入力が終わったら、RETキーを叩く

さて、D004番地とD005番地のメモリに、残りのマシン語F6と76を入力すると、マシン語のプログラムの入力は終わりです。そこでRETキーを叩きます。RETキーを叩く箇所は、D005番地のメモリに76を入力すると、D006番地のFFが表示されますから、そこでRETキーを叩くことになります。RETキーを叩くと、つぎの実行結果に示すように*印が表示されて、マシン語のコマンド・レベルに戻ります。つまり、つぎのマシン語のコマンドの入力待ちになったわけです。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*SD000
D000 FF-3E FF-E9 FF-32 FF-E4
D004 FF-F6 FF-76 FF-
*■
```

← プログラムの入力が終了すると、つぎのメモリ番地のFFを表示するので、そこでRETキーを叩く

← マシン語のコマンド・レベルに戻る

```
     auto  go to  list  run
```

さて、この場合はマシン語のプログラムを入力し終わったとき、RETキーを叩きましたが、STOPキーを叩いてもおなじです。つまりマシン語のプログラムの入力が終わったとき叩くキーは、

RETキー
STOPキー

のどちらでもよいということです。

以上が、Sコマンドの働きです。

Sコマンドの入力を忘れると

マシン語のプログラムを入力するとき、慣れていないとうっかりしてSコマンドの入力を忘れて、マシン語を入力する最初のメモリ番地だけを入力してしまうことがあります。D000番地の場合は、マシン語のコマンドに、**Dコマンド（リストを取るコマンド）**があるので、つぎのようにSコマンドの入力を忘れて、Dと入力しても変化はおこりません。

```
mon
*D
```

Dはリストを取るコマンドなので、そのままになっている

もちろん、変化が起こらなくても、Dコマンドはリストを取るコマンドなので、マシン語のプログラムの入力はできません。

C000番地から入力するというような場合は、Sコマンドの入力を忘れてCと入力すると、つぎの実行結果に示すように、？マークを表示し、その下に＊を表示して、Sコマンドが入力されるまで、コマンド・レベルに戻り続けてしまい、マシン語のプログラムの入力ができないことになります。

実行結果

```
mon
*C
?
*5
?
*E
?
*S
```

Sコマンドを忘れて入力するとこのようになる

Sコマンドを入力したところで、最初のメモリ番地の入力待ちとなる

```
1      auto   go to  list   run
```

？マークは、入力が間違っているときに表示されます。？マークを表示すると、？マークの下に＊印が表示されますから、その＊印の箇所で、Sコマンドの入力を行うと、最初のメモリ番地の入力待ちとなります。

メモリに記憶させたマシン語のプログラムを画面に表示させる

プログラムを画面に表示させるのはDコマンド

16頁でマシン語のプログラムを入力する方法について説明しました。ここでは入力してメモリに記憶させたものを、画面に表示させる方法について説明します。つまり、ベーシックの場合のLISTの働きと同じです。

まず、MONコマンドを入力してマシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon ↵ ←——マシン語のコマンド・レベルにする
*
```

Dコマンドは、ダンプ・メモリの意味

マシン語のコマンド・レベルにしたらDコマンドを入力します。**Dコマンドは、DUMP MEMORY（ダンプ・メモリ）**のことで、メモリの内容を画面に表示させる働きをします。

```
mon
*D ←——Dコマンドを入力する
```

Dコマンドを入力したら、内容を表示させるメモリの最初の番地だけを入力します。ここでは、C000番地を入力してみることにします。

```
mon
*DC000 ↵ ←——C000番地だけを入力して、RETキーを叩く
```

Dコマンドのあとに C000 と入力して RET キーを叩くと、つぎの実行結果に示すように、C000番地からC00F番地までのメモリの内容を表示します。

実行結果

```
Ok
mon
*DC000 ←——Dコマンドを入力して、C000番地を入力
C000 FF FF FF FF FF FF FF FF   C000番地からC00F番地までのメ
C008 FF FF FF FF FF FF FF FF   モリの内容を表示する。この場合は、な
*■                              にも入力していないのでFFを表示する
```

このようにＤコマンドのあとに、内容を表示させる最初のメモリ番地だけを指定すると、指定したメモリ番地から16個のメモリ番地の内容を表示します。この場合は、Ｃ０００番地からＣ００Ｆ番地のメモリには、なにも入力していませんから、ＦＦ（または００）が表示されます。なにも入力していない場合、メモリに記憶されているデータは、ＦＦか００だからです。

D 〈内容を表示させる最初のメモリ番地〉

———16個のメモリの内容を表示する

では、ＤコマンドのあとにＤ０００番地を入力します。

```
mon
*DD000 ⏎
```
←——D000番地を入力する

16頁で、Ｄ０００番地からＤ００５番地までのメモリに入力して記憶させたマシン語のプログラムが、もし電源を切ってしまうなどして消されていなければ、つぎの実行結果に示すように表示されます。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*DD000
D000 3E E9 32 E4 F6 76 FF FF
D008 FF FF FF FF FF FF FF FF
*■
```

*DD000 ←——Dコマンドのあとに D000番地を入力する

入力したマシン語を表示する

```
     auto  go to  list  run
```

このようにＤコマンドのあとに、マシン語のプログラムが記憶されている最初のメモリの番地Ｄ０００を入力すると、指定したＤ０００番地のメモリから16個目までのメモリの内容を表示しますから、記憶されているマシン語のプログラムとともに、余計なＦＦも表示されることになります。

16個以上のメモリの内容を表示させるには

Dコマンドのあとにメモリ番地をひとつ指定すると、その番地のメモリから16個目までのメモリの内容を表示しますが、16個のメモリの内容の表示では不足する場合があります。その場合は、

D <内容を表示させる最初のメモリの番地>, <最後のメモリの番地>

というように、Dコマンドのあとに、内容を表示させる最初のメモリの番地と、最後のメモリの番地を指定します。たとえば、つぎのように、

```
mon
*D0000, 0050 ↵
```

内容を表示させる最初のメモリ番地

最後のメモリ番地

Dコマンドのあとに0000番地と0050番地を入力して RET キーを叩くと、ROMエリアの最初の0000番地のメモリの内容から、0050番地のメモリの内容までが、つぎの実行結果のように表示されることになります。

実行結果

```
mon
*D0000,0050
0000 F3 31 FF FF C3 3B 00 00
0008 C3 6A 00 C3 57 17 AB F0
0010 C3 59 42 C3 6A 00 DA 0C
0018 C3 A6 40 F3 0B C3 7E 50
0020 C3 DA F1 C3 9C 27 88 0C
0028 C3 DD F1 C3 60 0D 46 0C
0030 C3 E0 F1 9F 0F C3 57 02
0038 C3 E3 F1 AF 32 75 EA CD
0040 F1 0C 30 C7 18 CD 00 00
0048 00 00 00 00 00 00 00 00
0050 00
*■
```

Dコマンドのあとに0000番地と0050番地を指定する

ROMエリアの0000番地から0050番地までのメモリの内容を表示する

これまで、Dコマンドの働きを見てきてわかるように、ベーシックのLISTコマンドとは、だいぶその働きが違います。ベーシックのLISTコマンドは、「入

力されているプログラムを画面に表示する」という働きですが、マシン語のDコマンドは「メモリの内容を画面に表示する」という働きです。したがって、Dコマンドはマシン語のプログラムが入力されていてもいなくても、指定された番地のメモリの内容を画面に表示するわけです。

表示を止める、表示を再開する、表示を中止する

００００番地から００５０番地までのメモリの内容を表示させたように、画面に入るだけのメモリの内容の表示なら問題ありませんが、場合によっては、画面に入り切れないほど、メモリの内容を表示させていくことがあります。

画面に入り切れないほどメモリの内容を表示させると、当然、スクロールされますから、画面に表示されるものは、ほとんど読み取ることができません。そこで、スクロールされている表示を途中で止めます。そのときに使うのが、ESCキーです。

ESC ←――このキーを叩くとスクロールされている表示が止まる

ESCキーを叩くと、スクロールされている表示が止まります。この場合、ESCキーを単に叩くだけです。RETキーを叩く必要はありません。

ふたたび、表示を開始するときは、おなじようにESCキーを叩きます。

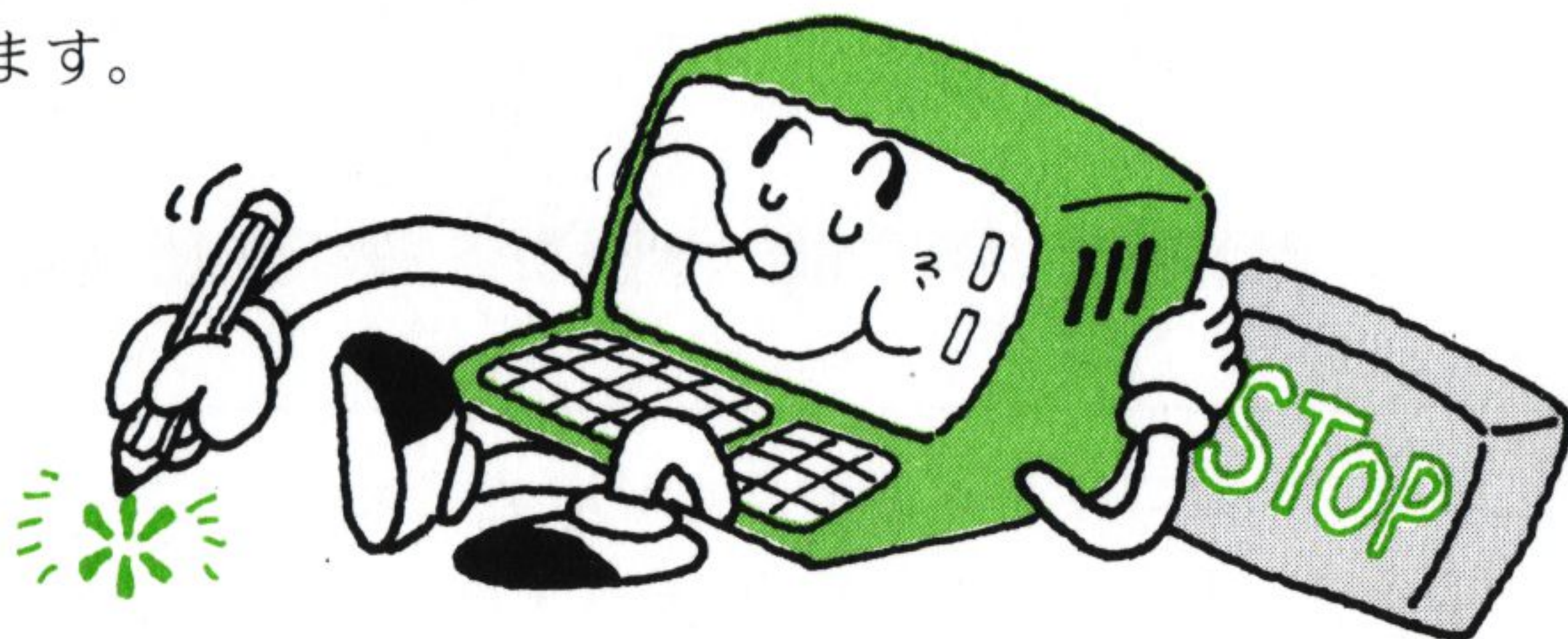
ESC ←――2度目にESCキーを叩くと表示が再開される

2度目にESCキーを叩くと、表示がふたたび開始されます。

また、表示を途中で中止するときは、STOPキーを叩きます。

STOP ←――表示を途中で中止するときはSTOPキーを叩く

つぎの頁にESCキーを叩いたときの実行結果と、STOPキーを叩いたときの実行結果を示します。

ESCキーを叩いたときは、ESCキーを叩いた箇所で表示が止まるだけでなにも表示されませんが、STOPキーを叩いたときは、STOPキーを叩いた箇所で表示が止まり、その下にマシン語のコマンド・レベルに戻ったという印である＊印が表示されます。

ESC キーを押したとき

実行結果

```
mon
*D0000,FFFF
0000 F3 31 FF FF C3 3B 00 00
0008 C3 6A 00 C3 57 17 AB F0
0010 C3 59 42 C3 6A 00 DA 0C
0018 C3 A6 40 F3 0B C3 7E 50
0020 C3 DA F1 C3 9C 27 88 0C
0028 C3 DD F1 C3 60 0D 46 0C
0030 C3 E0 F1 9F 0F C3 57 02
0038 C3 E3 F1 AF 32 75 EA CD
0040 F1 0C 30 C7 18 CD 00 00
0048 00 00 00 00 00 00 00 00
0050 00 00 00 00

     auto  go to  list  run
```

←ESC キーを押したところで、表示を中断する

STOP キーを押したとき

実行結果

```
mon
*D0000,FFFF
0000 F3 31 FF FF C3 3B 00 00
0008 C3 6A 00 C3 57 17 AB F0
0010 C3 59 42 C3 6A 00 DA 0C
0018 C3 A6 40 F3 0B C3 7E 50
0020 C3 DA F1 C3 9C 27 88 0C
0028 C3 DD F1 C3 60 0D 46 0C
0030 C3 E0 F1 9F 0F C3 57 02
0038 C3 E3 F1 AF 32 75
*■

     auto  go to  list  run
```

←STOP キーを押したところで、表示を中止する

＊印を表示して、マシン語のコマンド・レベルに戻る

マシン語のプログラムを実行させる

マシン語のプログラムの実行はGコマンド

16頁でマシン語のプログラムの入力の仕方、21頁ではマシン語のプログラムの画面への表示の仕方について説明しました。ここでは、マシン語のプログラムの実行のさせ方について説明します。

この場合は、つぎのプログラムを入力して実行させることにします。

メモリ番地	マシン語	メモリ番地	マシン語	メモリ番地	マシン語
A000	06	A00A	28	A014	A0
A001	12	A00B	77	A015	E1
A002	3E	A00C	23	A016	11
A003	E9	A00D	23	A017	78
A004	21	A00E	10	A018	00
A005	00	A00F	FB	A019	19
A006	F3	A010	C1	A01A	C3
A007	E5	A011	05	A01B	07
A008	C5	A012	CA	A01C	A0
A009	06	A013	1D	A01D	76

左側の4桁の16進数が、マシン語を入力していくメモリ番地です。右側の2桁の16進数が、そのメモリ番地に入力するマシン語です。

マシン語のプログラムの入力は、MONコマンドを入力して、ベーシックのコマンド・レベルからマシン語のコマンド・レベルに切り換えてから、Sコマンドを入力します。そして、最初のメモリ番地をSコマンドのあとに入力します。この場合は、最初のマシン語を入力するメモリ番地はA000番地ですから、SコマンドのあとにA000を入力することになります。

mon ⏎

＊SA000 ⏎

Sコマンドのあとに A000を入力して、RETキーを叩くと、A000番地が表示されて、FF－が表示されますから、FF－のあとにA000番地に入力するマシン語06を入力します。06を入力するとすぐ、つぎのFF－が表示されますから、つぎのマシン語12を入力します。このようにして、マシン語のプログラムを入力していきます。

つぎに、マシン語のプログラムを入力した実行結果を示します。

実行結果

```
*SA000                  ←Sコマンドのあとに A000番地を入力する
A000 FF-06 FF-12 FF-3E FF-E9
A004 FF-21 FF-00 FF-F3 FF-E5
A008 FF-C5 FF-06 FF-28 FF-77
A00C FF-23 FF-23 FF-10 FF-FB
A010 FF-C1 FF-05 FF-CA FF-1D
A014 FF-A0 FF-E1 FF-11 FF-78
A018 FF-00 FF-19 FF-C3 FF-07
A01C FF-A0 FF-76 FF-    ←76を入力したつぎのFFで
                          RETキーを叩く
*■
 ↖マシン語のコマンド・レベルに戻る
```

マシン語のプログラムの入力は、A01D番地に76を入力すると終わりです。したがって、つぎにFF－が表示されたところで、RETキーを叩きます。

FF－76　FF－ ⏎

↑76を入力　↑76を入力した、つぎのFF－でRETキーを叩く

すると、マシン語のコマンド・レベルに戻って、＊印が表示されます。

Gコマンドは GOのこと

マシン語のプログラムを実行させるには、Gコマンドを使います。**Gコマンドは、GO（ゴー）**ということで、マシン語のプログラムを実行する命令です。Gコ

マンドのあとには、実行させるマシン語が入力されている最初のメモリ番地を置きます。

G 〈プログラムの最初のメモリ番地〉

この場合は、最後のマシン語７６を入力したつぎのＦＦ－で、RET キーを叩きました。したがって、実行結果に示すように マシン語のコマンド・レベルに戻った＊印が、入力したプログラムの下に表示され、その横でカーソルが点滅していますから、ここで、Ｇコマンドを入力します。

```
A01C FF-A0 FF-76 FF- ↵   ← プログラムの入力が終ったところで、RET キーを叩く
*G   ← ＊印のあとに、Gコマンドを入力する
```

Ｇコマンドを入力したら、そのあとに、機械語のプログラムが入力されている最初のメモリ番地Ａ０００を入力します。

```
*GA000 ↵   ← メモリ番地を入力
```

Ａ０００を入力したら RET キーを叩きます。入力ミスなどがなく、プログラムが正しく入力されている場合は、つぎの実行結果に示すように、ハートが画面いっぱいに表示されます。表示のされ方は、ベーシックの場合と違って、ハートが全部いっぺんに表示されます。

実行結果

ふたたび実行させる

さきのマシン語のプログラムを実行させると、ハートを画面いっぱいに表示したまま止まってしまいます。STOPキー、HOME・CLRキーなど、どんなキーを押してもびくともしません。これはマシン語のプログラムの最後のメモリ番地Ａ０１Ｄ番地に、７６を記憶させているからです。

16進数の７６は、ＨＡＬＴ（ホールト）命令です。HALTは、英語で停止する、停止させるという意味で、CPUの働きを停止させます。

７６――HALT（CPUの働きを停止させる）

このHALT命令は、ベーシックのEND文の働きとは多少違いますが、マシン語のプログラムではEND文とおなじように、プログラムの終わりや、プログラムの途中で実行を停止するときに使います。

さて、HALT命令を使ったときは、CPUの働きが停止してしまうので、キーボード上にあるキーを押しても、そのままの状態が続きます。

HALT命令による停止の状態を解くには、リセット・ボタンを押します。すると、つぎに示すように、パソコンに電源を入れた初期状態に戻ります。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
■
```

■←ベーシックのコマンド・レベルに戻る

```
     auto  go to  list  run
```

メモリに記憶されているマシン語のプログラムは、ベーシックと違ってリセット・ボタンを押しても消えません。したがって、つぎのように、

mon ⏎ ←――ふたたびマシン語レベルにする

＊GA000 ⏎ ←――ふたたび実行する

と入力すると、ふたたびマシン語のプログラムが実行されて、前回とおなじように、ハートが画面いっぱいに表示されます。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*GA000
```

←――MONコマンドでマシン語のコマンド・レベルにして、GA000を入力して RET キーを叩くと、ふたたびプログラムを実行する

ベーシックの場合、ENDを省略してもかまいませんが、マシン語の場合、HALT(76) 命令を省略することはできません。エラーになります。

HALT（76）命令は、実行させたあとCPUが停止してしまい、あとの処置がめんどうですが、ここでは、HALT（76）命令の働きをおぼえておいてください。

入力したマシン語プログラムを変更する方法

変更するときは、Sコマンドを使う

ベーシックの場合、プログラムを入力したあと、いろいろな方法でプログラムを修正することができます。たとえば、訂正する箇所があるときは、カーソルを訂正する箇所まで移動して訂正するとか、追加するステートメントがあるときは、追加するステートメントに行番号をつけて RET キーを叩いておけば、ステートメントが追加できるなどです。

マシン語のプログラムの場合は、ベーシックのような訂正や修正はできません。できるとすれば、メモリに記憶させたマシン語を変更することぐらいで、あとはプログラムの入力のやり直しといってもいいものです。

ここでは、そのメモリに記憶させたマシン語を変更する場合の方法について説明しておくことにします。

26頁で示した、画面いっぱいにハートを表示させるマシン語のプログラムは、それぞれのマシン語に、ひとつひとつメモリ番地を割り当てたように、A000番地から入力して実行させるように作られたものです。

ここでは、そのメモリ番地を無視して、つぎに示すように、D000番地から同じプログラムを入力します。

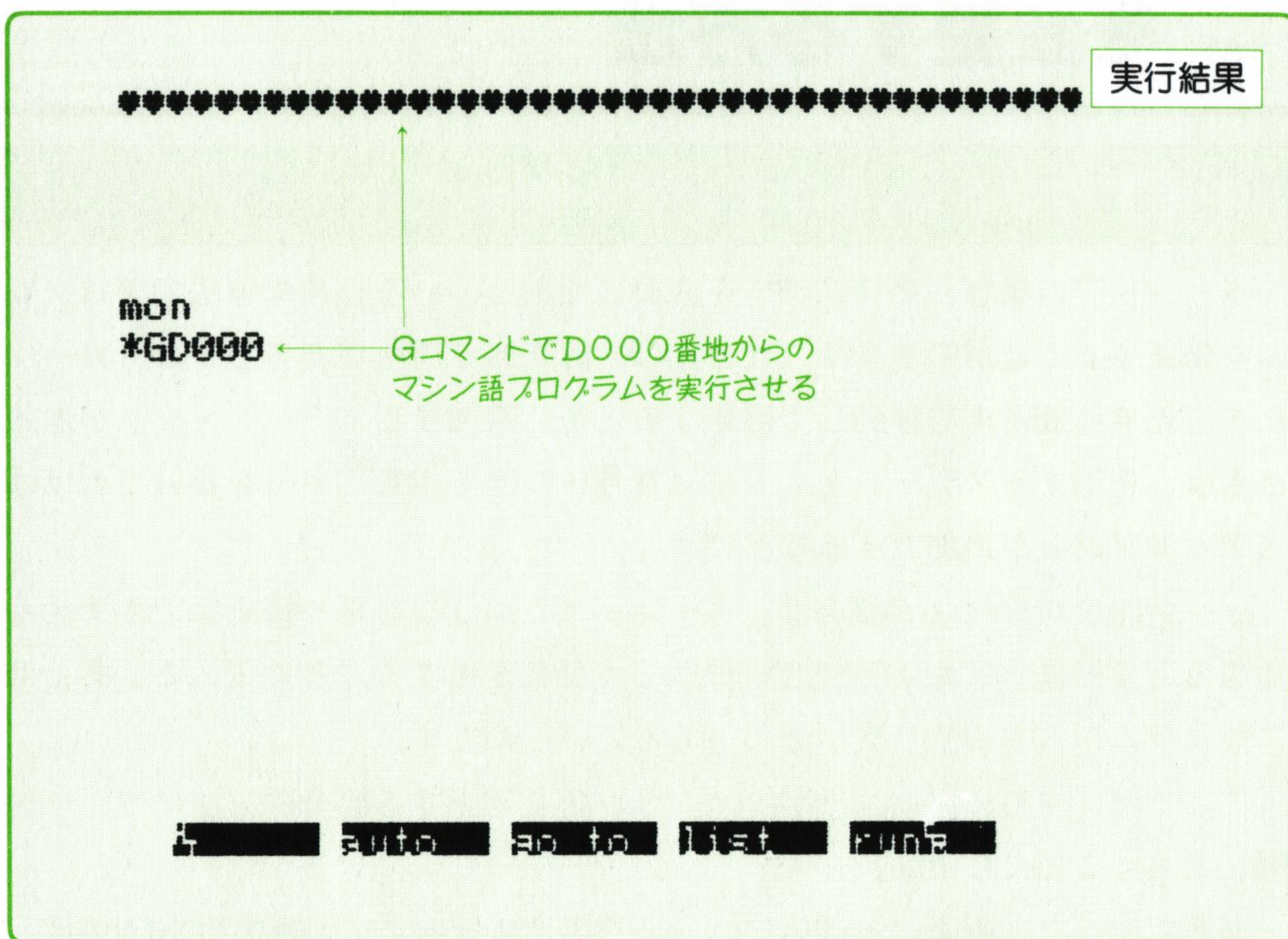
実行結果

```
mon
*SD000          ← SコマンドのあとにD000番地を入力する
D000 FF-06 FF-12 FF-3E FF-E9
D004 FF-21 FF-00 FF-F3 FF-E5
D008 FF-C5 FF-06 FF-28 FF-77
D00C FF-23 FF-23 FF-10 FF-FB    プログラムをD000番地
D010 FF-C1 FF-05 FF-CA FF-1D    から記憶させる
D014 FF-A0 FF-E1 FF-11 FF-78
D018 FF-00 FF-19 FF-C3 FF-07
D01C FF-A0 FF-76 FF-  ← RET キーを叩く
*■
```

このように、A000番地から入力して実行するように作られているプログラムを、D000番地から入力して実行させるとすると、つぎの実行結果に示すように、横に一列ハートを表示すると、ストップしてしまいます。

実行結果

```
♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥

mon
*GD000
```

Gコマンドで D000番地からのマシン語プログラムを実行させる

実行がストップしたのは、D012番地からD014番地に入力した、

CA　1D　A0

とD01A番地からD01C番地に入力した、

C3　07　A0

に問題があるからです。CAとC3は、JP命令といって、「ジャンプせよ」という命令です（116頁参照）。1D　A0と07　A0は、JP命令でジャンプしていくさきのメモリ番地です。

JP命令で、A01D番地、またはA007番地にジャンプしても、そのメモリ番地にはなにも入力していません。なぜなら、この場合は、D000番地から入力して実行させているからです。そのため、実行がそこでストップしてしまうわけです。

そこで、プログラムが正しく実行するように、JP命令によるジャンプさきをA01D番地からD01D番地に、また、A007番地をD007番地に変更しなければなりません。

変更するには、Dコマンドを使ってメモリに入力したマシン語を画面に表示させなければなりませんが、このままではDコマンドを使うことができません。

そこで、リセット・ボタンを押します。リセット・ボタンを押すと、パソコンに電源を入れた初期状態に戻ります。つまり、ベーシックのコマンド・レベルです。

ベーシックのコマンド・レベルに戻ったら、MON命令を入力して RET キーを叩き、マシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon ↵
*
```

そして、Dコマンドと最初のメモリ番地と最後のメモリ番地を入力します。

```
mon
*DD000, D01F ↵
```

これで、D000番地からD01F番地に記憶されているマシン語のプログラムが、つぎの実行結果に示すように表示され、その下に＊印が表示されます。

実行結果

```
mon
*DD000,D01F
D000 06 12 3E E9 21 00 F3 E5
D008 C5 06 28 77 23 23 10 FB
D010 C1 05 CA 1D A0 E1 11 78
D018 00 19 C3 07 A0 76 FF FF
*■
```

← DコマンドとD000とD01F番地を入力して、メモリに入力したマシン語を画面に表示する

auto go to list run

この＊印の横に16頁で説明したSコマンドと、変更する必要のあるマシン語が記憶されているメモリ番地を入力します。この場合は、変更する箇所はD014番地のA0と、D01C番地のA0です。このふたつのA0をD0に変えればよいわけです。

まず、Sコマンドを入力して、最初のA0が記憶されているメモリ番地D014を入力します。

＊SD014 ⏎ ← 訂正するマシン語が記憶されているメモリ番地を入力する

D０１４を入力して、RETキーを叩くと、D０１４番地を表示して、そのメモリに記憶されているマシン語、つまり、A０を表示します。

＊SD014 ⏎

D014　A0－ ← D014番地のA0を表示する

そこで、－の横にD０を入力します。

D014　A0－D0　E1－ ← A0－の横にD0を入力する

変更する必要のないところはスペースキーで飛ばす

D０を入力すると、つぎのメモリ番地D０１５に記憶されているマシン語E１を表示します。

このE１は、変更する必要がありませんから、キーボードの一番下にあるスペースキーを叩きます。すると、つぎのメモリ番地D０１６番地に移って、D０１６番地に記憶されているマシン語１１を表示します。

D014　A0－D0　E1－　11－ ← 訂正の必要のない箇所はスペースキーを叩いて飛ばす

D０１６番地のマシン語１１も変更する必要がありませんから、スペースキーを叩きます。

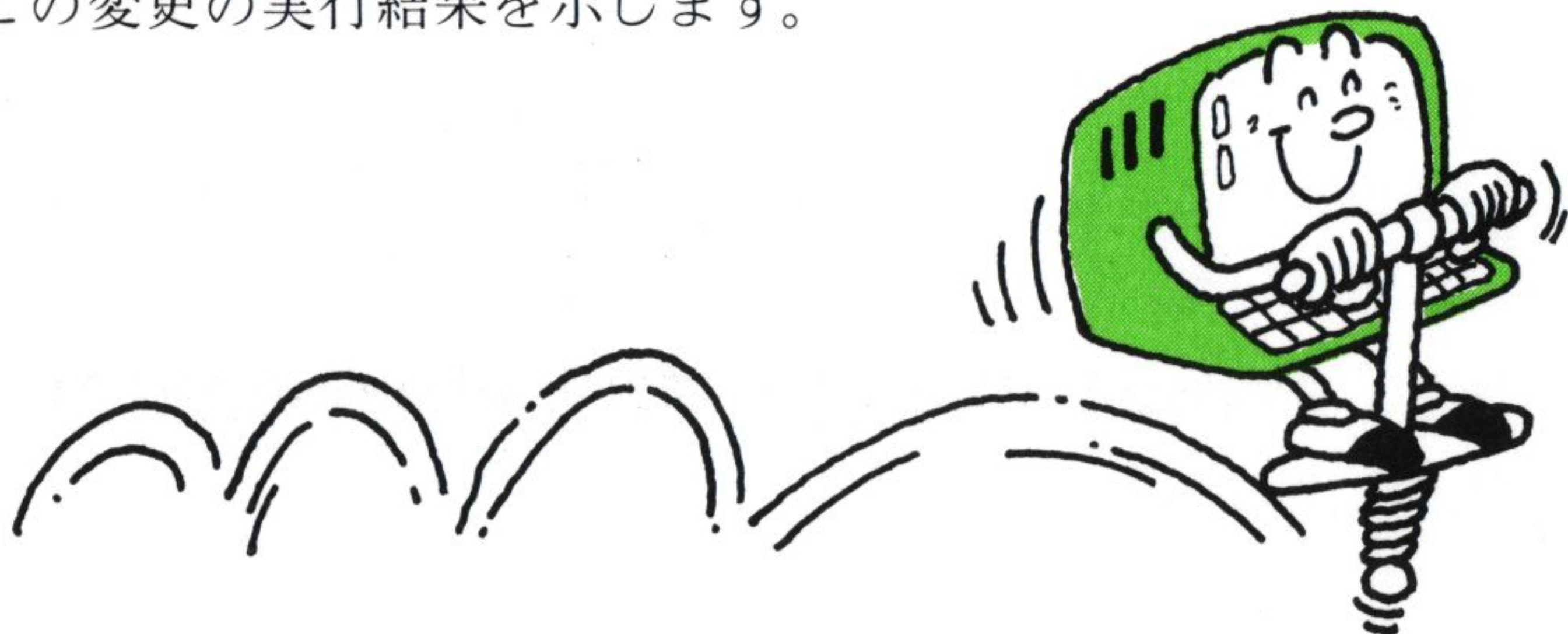
このように変更する必要のないメモリ番地は、スペースキーを叩いて飛ばしていきます。スペースキーを叩いて、飛ばしたメモリ番地に記憶されているマシン語は、そのまま記憶されています。

さて、もうひとつのA０が記憶されているD０１C番地まできたら、A０をD０に変更します。

D01C　A0－D0 ← A0－の横にD0を入力する

D０１C番地のA０をD０に変更すると、この場合の変更は終わりですから、つぎのD０１D番地の７６が表示されたところで、RETキーを叩きます。

D01C　A0－D0　76 ⏎ ← つぎのメモリ番地の内容を表示したところで RET キーを叩く

つぎの頁に、この変更の実行結果を示します。

実行結果

```
mon
*DD000,D01F
D000 06 12 3E E9 21 00 F3 E5
D008 C5 06 28 77 23 23 10 FB
D010 C1 05 CA 1D A0 E1 11 78
D018 00 19 C3 07 A0 76 FF FF
*SD014
D014 A0-D0 E1-   11-   78-
D018 00-   19-   C3-   07-
D01C A0-D0 76-
*■
```


この場合、D01D番地の76のところで RET キーを叩き忘れて、スペースキーを叩き続けると、つぎのように、移動していくので注意してください。

実行結果

```
mon
*DD000,D01F
D000 06 12 3E E9 21 00 F3 E5
D008 C5 06 28 77 23 23 10 FB
D010 C1 05 CA 1D A0 E1 11 78
D018 00 19 C3 07 A0 76 FF FF
*SD014
D014 A0-D0 E1-   11-   78-
D018 00-   19-   C3-   07-
D01C A0-D0 76-   FF-   FF-
D020 FF-   FF-   FF-   FF-
D024 FF-   FF-   FF-   FF-
*■
```

まえのメモリ番地に戻すときは

スペースキーを叩いた場合は、メモリ番地がさきに移動していきましたが、メモリ番地をまえに戻したいという場合もあります。そのようなときは、

DEL キー ←――まえのメモリ番地に戻すとき使う

を叩きます。

つぎに示す実行結果は、D012番地でD0と入力すべきところを、A0と入力したので、D013番地のFF－で、DEL キーを押した場合です。

実行結果

```
mon
*SD000
D000 FF-06 FF-12 FF-21 FF-00
D004 FF-F3 FF-E5 FF-C5 FF-06
D008 FF-28 FF-77 FF-23 FF-23
D00C FF-10 FF-FB FF-C1 FF-05
D010 FF-CA FF-1D FF-A0 FF-
D012 A0-
*
```

（D010 FF-CA FF-1D FF-A0 FF- ←――DEL キーを押す）
（D012 A0- ←――ひとつまえのメモリ番地に戻って、そのメモリに記憶されているマシン語を表示する）

うえの実行結果を見るとわかると思いますが、

D010　FF－CA　FF－1D　FF－A0　FF－ ←――DEL キーを押す
D012　A0－ ←――D012番地に戻って、A0を表示する

D013番地のFFが表示されたところで、DEL キーを押したので、ひとつまえのD012番地に戻って、新たにD012番地を表示して、D012番地のマシン語A0を表示したわけです。

このD012番地のA0－に対して、D0を入力すると、DEL キーを押したD013番地に移動して、D013番地のFF－を表示します。

D012　A0－D0　FF－ ←――DEL キーを押したD013番地に移る

つぎにその、実行結果を示します。

実行結果

```
mon
*SD000
D000 FF-06 FF-12 FF-21 FF-00
D004 FF-F3 FF-E5 FF-C5 FF-06
D008 FF-28 FF-77 FF-23 FF-23
D00C FF-10 FF-FB FF-C1 FF-05
D010 FF-CA FF-1D FF-A0 FF-
D012 A0-D0 FF-
```

← DEL キーを押す（D010行末のFF-）

D012番地のAOに対してDOを入力すると、D013番地に移って、FFを表示する

この DEL キーを押し続けると、オートリピートが働いて、つぎの実行結果に示すように、つぎつぎにまえのメモリ番地に移動していきます。

実行結果

```
mon
*SD000
D000 FF-06 FF-12 FF-3E FF-E9
D004 FF-21 FF-00 FF-F3 FF-E5
D008 FF-C5 FF-06 FF-28 FF-77
D00C FF-23 FF-23 FF-10 FF-FB
D010 FF-C1 FF-05 FF-CA FF-1D
D014 FF-A0 FF-E1 FF-
D015 E1-
D014 A0-
D013 1D-
D012 CA-
D011 05-
D010 C1-
```

← DEL キーを押す（D014行末のFF-）

← まえのメモリ番地に戻る（D015 E1-）

← DEL キーを押し続けるとどんどんまえのメモリ番地に戻っていく（D014～D010）

間違ってマシン語(16進数)にないものを入力したとき

マシン語は16進数で書き表わされています(16進数については91頁参照)。そこで、キーを押し間違えて、16進数にないものを入力すると、たとえばGとかH、SとかXを入力すると、つぎの実行結果に示すように？マークを表示し、＊印がその下に表示されてマシン語のコマンド・レベルに戻ってしまいます。

実行結果

```
mon
*SD000
D000 FF-06 FF-12 FF-21 FF-00
D004 FF-F3 FF-E5 FF-C5 FF-06
D008 FF-28 FF-77 FF-23 FF-23
D00C FF-10 FF-FB FF-S   ←16進数にないSを入力
?   ←？マークを表示してマシン語のコマンド・レベルに戻る
*■
```

このようなときは、つぎのように、＊印の横にＳコマンドを入力して、入力を間違えたメモリ番地を指定してもかまいません。

?

＊ＳＤ００Ｅ ⏎ ←Sコマンドのあとに、入力を間違えたメモリ番地を入力する

すると、つぎのように、間違って入力したメモリ番地を表示して、ＦＦ－(あるいは００－) を表示しますから、

ＤＯＯＥ　ＦＦ－ ←入力を間違えたメモリ番地のＦＦを表示する

正しいマシン語を入力します。

ところで、メモリ番地はとびとびに表示されています。したがって、メモリの番地の表示の仕方に慣れていないと、何番地のメモリ番地を指定してよいのか、さっぱりわからないということもあります。

そこで、このように入力を間違えたメモリ番地を指定しなくてもよい方法があります。つまり、＊印の横に単にSと入力して、RET キーを押せばよいのです。

＊S ↵ ←Sコマンドを入力して RET キーを叩く

これで、つぎの実行結果に示すように、入力を間違えたメモリ番地に戻ります。

実行結果

```
mon
*SD000
D000 FF-06 FF-12 FF-21 FF-00
D004 FF-F3 FF-E5 FF-C5 FF-06
D008 FF-28 FF-77 FF-23 FF-23
D00C FF-10 FF-FB FF-S
?
*S
D00E FF-
```

*S ←Sを入力して RET キーを叩くと

D00E FF- ←入力ミスをおこしたメモリ番地に戻る

コマンドのあとのメモリ番地の入力を間違えたときは

メモリ番地の入力を間違えたときは STOP キー

マシン語を入力するときに使うSコマンド、メモリに記憶させたマシン語を画面に表示させるDコマンド、あるいはマシン語のプログラムを実行させるGコマンドを使う場合、次に示すように、そのあとにメモリ番地を入力しますが、

```
*SD000
*DD000, D01C
*GD000
```

S、D、Gコマンドのあとにはメモリ番地を入力する

このメモリ番地を間違えて入力することがあります。

SコマンドやDコマンドの場合、メモリ番地を間違えて入力して、RETキーを叩いても問題はありませんが、Gコマンドの場合は、暴走して、プログラムを破壊してしまいます。

そこでここでは、コマンドのあとに入力するメモリ番地の入力を間違えたときどうすればよいか、その方法について説明します。

方法といっても簡単なことで、メモリ番地の入力を間違えたことに気がついたところで、STOPキーを押せばよいだけです。

たとえば、マシン語のプログラムがD000番地から入力されていたとします。このマシン語のプログラムを実行させる場合、まずGコマンドを入力して、そのあとにマシン語のプログラムが記憶されているメモリ番地D000を入力します。

```
mon
*GD000
```

←正しい入力

そしてRETキーを叩けば、D000番地から記憶されているマシン語のプログラムが実行されますが、GコマンドのあとにD000と入力するところを、うっかりしてGコマンドのあとにD003と入力したとします。

```
mon
*GD003
```

←間違えて入力

コマンドのあとのメモリ番地の入力を間違えたときは

このまま、RETキーを叩くと暴走します。暴走したらプログラムは破壊されますが、パソコンが壊れるわけではないので、パソコンのリセットキーを押すと、ベーシックのコマンド・レベルに戻るので、ふたたびMONコマンドを入力して、マシン語のコマンド・レベルにすれば、なにも心配することはありませんが、メモリ番地の入力を間違えたことに気がついたら、メモリ番地の入力をしなおしたほうが入力したプログラムの保護にもなります。

GコマンドのあとにD003を入力すると、カーソルはD003のあとで点滅していますから、その位置でSTOPキーを押します。

＊GD003■ ←——この位置でカーソルが点滅

STOPキーを押すと、つぎに示すように、つぎの行に＊印を表示します。

GD003■ ←——CTRLキーとBキーを一緒に押す
＊ ←——ふたたび＊印を表示する

そこで、ふたたび表示された＊に対して、Gコマンドと、正しいメモリ番地を入力します。これが、コマンドのあとに入力するメモリ番地の入力を間違えたときの訂正の方法です。つぎに、その実行結果を示します。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*GD003
*GD000
```

*GD003 ←——STOPキーを押す
*GD000 ←——ふたたび表示した＊印に対してGコマンドと正しいメモリ番地を入力する

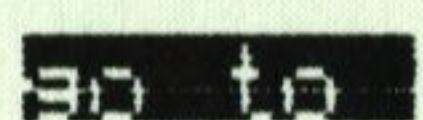
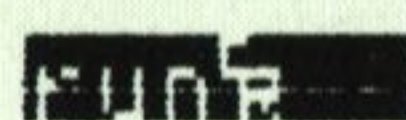
```
      auto  go to  list  run
```

Sコマンドと Dコマンドの場合も、メモリ番地の入力をやりなおすことはGコマンドの場合とおなじです。

Sコマンドのあとに入力したメモリ番地が間違っていることを、RETキーを叩くまえに気がついたときは、さきに説明したGコマンドのときのように、STOPキーを押して新しく*印を表示させて、Sコマンドと正しいメモリ番地を入力しますが、もしRETキーを叩いてしまったあと、メモリ番地の入力の間違いに気がついたときは、最初に表示されたFF－の箇所で、STOPキーを押します。

```
mon
*SC000 ⏎
C000  FF-■ ←―― STOPキーを押す
```

すると、つぎの実行結果に示すように、ふたたび*印を表示しますから、その*印に対して、Sコマンドと正しいメモリ番地を入力して、RETキーを叩きます。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*SC000 ←―― 間違えたメモリ番地を入力したので、RETキーを叩く
C000 FF- ←―― この位置でSTOPキーを押す
*SD000 ←―― 新しく表示された*印に対して、Sコマンドと
D000 FF-■     正しいメモリ番地を入力する

      auto  go to  list  run
```

Dコマンドのあとに入力したメモリ番地が間違っていることを、RETキーを叩くまえに気がついたときは、GコマンドのときのようにSTOPキーを押して、新しく*印を表示させて、Dコマンドと正しいメモリ番地を入力します。

また、もし間違えたメモリ番地のまま RET キーを叩いたときは、そのメモリ番地に記憶されているマシン語を表示して、そのあとに＊印を表示しますから、表示した＊印に対して、Ｄコマンドと正しいメモリ番地を入力すればよいわけです。

間違って入力したメモリ番地に、なにも入力していないときは、つぎの実行結果に示すように、ＦＦか００を表示します。そして、ＦＦか００を表示したあとに＊印を表示しますから、ふたたびＤコマンドと正しいメモリ番地を入力して RET キーを叩きます。

実行結果

```
mon
*DC000,C01C
C000 FF FF FF FF FF FF FF FF
C008 FF FF FF FF FF FF FF FF
C010 FF FF FF FF FF FF FF FF
C018 FF FF FF FF FF
*DD000,D01C
D000 06 12 3E E9 21 00 F3 C5
D008 06 28 77 23 23 10 FB C1
D010 05 CA 1D D0 E1 11 78 00
D018 19 C3 07 D0 76
*■
```

←なにも記憶していないとＦＦか００を表示する

←＊を表示したらその＊に対して、Ｄコマンドと正しいメモリ番地を入力する

マシン語のプログラムをカセットテープに記録する

プログラムをカセットテープに記録するにはWコマンド

ベーシックで書いたプログラムが完成すると、カセットテープに記録して保管します。おなじようにマシン語のプログラムも、カセットテープに記録して保管することができます。

ベーシックのプログラムをカセットテープに記録する場合は、**CSAVE**を使います。これに対してマシン語のプログラムをカセットテープに記録する場合は、**Wコマンド**を使います。Wコマンドは、WRITE TAPE（ライト・テープ）のことで、メモリに記憶されているマシン語をカセットテープに出力する働きをします。

Wコマンドのあとにはメモリ番地を置く

また、ベーシックのプログラムをカセットテープに記録する場合は、CSAVEのあとに〝ファイル・ネーム〟を置きますが、マシン語のプログラムをカセットテープに記録する場合は、つぎに示すようにWコマンドのあとにマシン語のプログラムを記憶しているメモリ番地を置きます。

W 〈プログラムを記憶している最初のメモリ番地，最後のメモリ番地〉

では、どのようにしてカセットテープに記録するのか実際にマシン語のプログラムをカセットテープに記録することにします。

マシン語のプログラムをカセットテープに記録する場合はベーシックのコマンド・レベルにある状態の場合とマシン語のコマンド・レベルにある状態の場合の2通りが考えられますが、いずれの場合も、＊印のあとにWコマンドと、プログラムが記憶されているメモリ番地を入力するというものですので、ここでは、ベーシックのコマンド・レベルにある状態の場合を取り上げて説明することにします。

ここで使うマシン語のプログラムは31頁で取り上げた画面いっぱいにハートを表示するプログラムです。このプログラムは、つぎに示すように、D000番地からD01D番地までに記憶されています。

```
*DD000,D01D
D000 06 12 3E E9 21 00 F3 E5
D008 C5 06 28 77 23 23 10 FB
D010 C1 05 CA 1D D0 E1 11 78
D018 00 19 C3 07 D0 76
*■
```

このマシン語のプログラムは最後にHALT（76H）命令が使われているので、プログラムが間違いなく実行するかどうかを確かめると、リセット・ボタンを押して、いったんベーシックのコマンド・レベルに戻さなければなりません。そのため、Wコマンドを入力するには、MON命令を入力してマシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon
*
```
← マシン語のコマンド・レベルにする

そのうえで、つぎに示すように、Wコマンドを入力し、つづいて、マシン語のプログラムが記憶されている最初のメモリ番地D000番地と、最後のメモリ番地D01D番地を入力します。

```
mon
* WD000, D01D ↵
```
← Wコマンドのあとに最初のメモリ番地と最後のメモリ番地を置く

このように入力したら、RETキーを叩くまえに、ベーシックのプログラムをカセットテープに記録する場合とおなじように、データレコーダにカセットテープをセットして、RECボタンとPLAYボタンを押します。

それから、RETキーを叩きます。RETキーを叩くと、カーソルはWコマンドのまえにある＊印のうえに移動して、＊印のうえで点滅します。

```
mon
*WD000, D01D
```
← この位置にカーソルが移動して点滅する

カセットテープへの記録が終了すると、つぎの行に＊印が表示されてマシン語のコマンド・レベルに戻ります。

不幸にして、カセットテープへの記録が失敗したときは？マークが表示され、つぎの行に＊印が表示されてマシン語のコマンド・レベルに戻ります。

カセットテープへの記録が失敗したときは、もう一度記録のやり直しです。

つぎに、カセットテープへの記録が正常に行われた場合と、失敗に終わった場合の実行結果を示します。

▶記録が正常に行われたとき

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*WD000,D01D
*■
```

記録が正常に行われたときは＊印が表示されてマシン語のコマンド・レベルに戻る

▶記録が失敗したとき

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*WD000,D01D
?
*
```

? ←記録が失敗したときは？マークが表示される

* ←そして＊印が表示されて、マシン語のコマンド・レベルに戻る

ベリファイを行うには

ベリファイを行うには、LVコマンド

ベーシックのプログラムを、パソコンのメモリからカセットテープに記録したあと、プログラムが間違いなくカセットテープに記録されたかどうか、ベリファイを行いますが、マシン語のプログラムをカセットテープに記録したあともベリファイを行います。

ベーシックのプログラムの場合のベリファイは、CLOAD?を使って行いますが、マシン語のプログラムの場合は、**LVコマンド**を使って行います。

LVコマンドは、VERIFY TAPE（ベリファイ・テープ）のことで、テープに記録したマシン語のプログラムと、メモリに記憶されているマシン語のプログラムが同じものかどうかを比較する働きをします。

ベリファイを行うには、LV ↵

ベーシックのプログラムの場合、ベリファイを行うには、CLOAD?のあとに〝ファイル・ネーム〞を入力しますが、マシン語のプログラムの場合はLVコマンドを入力して、RETキーを叩くだけです。

```
LV ↵
```

では、どのようにしてベリファイを行うのか、実際にベリファイを行ってみることにします。

さて45頁で、Wコマンドを使って、マシン語のプログラムをカセットテープに記録しました。マシン語のプログラムのカセットテープへの記録が正常に行われると、＊印が表示されてマシン語のコマンド・レベルに戻りました。

```
mon
*WD000, D01D
*
```

＊ ←――マシン語のプログラムの記録が正常に行われると＊印を表示する

この＊印の横に、LVコマンドを入力します。

```
mon
*WD000, D10D
*LV ↵ ←――*印の横にLVを入力する
```

LVを入力したら[RET]キーを叩きますが、そのまえにマシン語のプログラムを記録した先頭より少し前の位置までカセットテープを巻き戻し、データレコーダの[PLAY]ボタンを押します。それから、[RET]キーを叩きます。

[RET]キーを叩くと、カーソルはLVの左の＊印の上に移動して点滅します。

```
mon
*WD000, D01D
*LV   [RET]キーを叩くと、カーソルは＊印の上に移動して点滅する
```

ベリファイを行って、カセットテープに記録したマシン語のプログラムとメモリのなかに記憶されているマシン語のプログラムが一致すると、つぎの実行結果に示すように、つぎの行に＊印を表示してマシン語のコマンド・レベルに戻ります。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*WD000,D01D
*LV
*■ ←――カセットテープのマシン語のプログラムと、
        メモリのなかのマシン語のプログラムが一致
        すると＊印を表示する

  auto  go to  list  run
```

もし不幸にして、カセットテープに記録したマシン語のプログラムとメモリのなかの機械語のプログラムとが一致しなかった場合は、つぎの実行結果に示すように、つぎの行に？マークを表示し、そのつぎの行に＊印を表示してマシン語のコマンド・レベルに戻ります。

カセットテープに記録したマシン語のプログラムとメモリのなかに記録されているマシン語のプログラムが一致しなかった場合も、カセットテープに記録したマシン語のプログラムに異常があるわけですから、もう一度カセットテープへの記録のやり直しとなります。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*WD000,D01D
*LV
?
*
```

? ←カセットテープのマシン語のプログラムとメモリのなかのマシン語のプログラムが一致しないと、？マークを表示する

カセットテープに記録したプログラムをメモリのなかに読み込むには

メモリのなかに読み込むには、Lコマンド

カセットテープに記録したマシン語のプログラムは必要に応じてパソコンのメモリに読み込んで使います。

ベーシックのプログラムの場合は、カセットテープからパソコンのメモリのなかにプログラムを読み込むときはCLOADを使って行いますが、マシン語のプログラムの場合は、**Lコマンド**を使って行います。

Lコマンドは、LOAD TAPE（ロード・テープ）のことで、カセットテープに記録されているマシン語のプログラムをパソコンのメモリのなかに読み込む働きをします。

メモリのなかに読み込むには、L ⏎

ベーシックのプログラムをメモリに読み込む場合、CLOADのあとに〝ファイル・ネーム〞を置きましたが、マシン語のプログラムをメモリに読み込むには、Lコマンドを入力して、RETキーを叩くだけです。

```
L ⏎
```

ではどのようにしてマシン語のプログラムをメモリに読み込むのか、実際にカセットテープに記録されているマシン語のプログラムをメモリのなかに読み込んでみることにします。

45頁でWコマンドを使ってマシン語のプログラムをカセットテープに記録しましたから、ここではそのマシン語のプログラムをメモリに読み込むことにします。まず、パソコンの電源を切って、メモリに記憶されているプログラムを消去します。そして、MONコマンドを入力してマシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon
*
```
← マシン語のコマンド・レベルにする

＊印が表示されたら、＊印の横にＬコマンドを入力します。

```
mon
＊L  ⏎    ←――――＊印の横にLを入力する
```

Ｌコマンドを入力したら、RETキーを叩くまえに、カセットテープを巻き戻すなり、先送りするなどしてメモリに読み込むマシン語のプログラムの先頭より少し前の位置に合わせます。これは、ベーシックのプログラムをメモリに読み込む場合とおなじ要領です。

そして、データレコーダのPLAYボタンを押すとともに、RETキーを叩きます。すると、カーソルは、Ｌコマンドの左の＊印のうえに移動して点滅します。

```
mon
＊L   カーソルは＊印のうえで点滅する
```

カセットテープのマシン語のプログラムがメモリのなかに読み込まれると、つぎの行に＊印が表示されて、マシン語のコマンド・レベルに戻ります。

つぎに実行結果を示します。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*L  ←――――Lコマンドを入力してRETキーを叩く
*█  ←――――メモリへのプログラムの読み込みが
            終わると＊印を表示してマシン語の
            コマンド・レベルに戻る



 1     auto   go to  list   run
```

読み込まれたプログラムが記憶されるメモリ番地は？

さて、カセットテープのマシン語のプログラムはカセットテープからメモリのなかに読み込まれて、どのメモリ番地から記憶されたのでしょうか。

45頁でWコマンドを使って、メモリに記憶されているマシン語のプログラムをカセットテープに記録するとき、マシン語のプログラムはＤ０００番地からＤ０１Ｄ番地に記憶されていました。そこで、つぎのようにして、カセットテープにマシン語のプログラムを記録させました。

```
*WD000, D01D
```

このメモリ番地はマシン語のプログラムと一緒にカセットテープに記録されます。したがってＬコマンドでメモリに読み込まれるマシン語のプログラムは、Wコマンドでカセットテープに記録したときに指定した番地に読み込まれることになります。

では確かに、いま説明したとおりであるかどうか、Ｄコマンドを使ってメモリ番地を指定して、メモリに読み込まれたマシン語のプログラムを画面に表示させてみることにします。つぎに示すのが、その実行結果です。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*L
*DD000,D01D
D000 06 12 3E E9 21 00 F3 E5
D008 C5 06 28 77 23 23 10 FB
D010 C1 05 CA 1D D0 E1 11 78
D018 00 19 C3 07 D0 76
*■
```

←Wコマンドで指定した番地を、Ｄコマンドで指定する

Ｌコマンドでｎ０００番地からＤ０１Ｄ番地に読み込まれたマシン語のプログラム

なおカセットテープからのプログラムの読み込みが失敗したときは、？マークが表示され、＊印が表示されてマシン語のコマンド・レベルに戻ります。

ベーシックとマシン語でできたプログラムをカセットテープに記録する

ベーシックを記録するにはCSAVE、マシン語はW

いろいろな雑誌などにベーシックとマシン語で作られたプログラムが掲載されています。ベーシックとマシン語で作られたプログラムをキーボードのキーを叩いて苦労してパソコンに入力しても、そのプログラムをカセットテープに保管する方法を知らないと、ふたたびそのプログラムを使うとき、また同じ苦労をして、パソコンにプログラムを入力しなければなりません。そこで、ここでベーシックとマシン語でできたプログラムをカセットへ記録する方法について説明しておくことにします。

方法といっても、非常に簡単なことです。ベーシックのプログラムをカセットテープに記録するには、

CSAVE〝ファイルネーム〟

を使って行います。

マシン語のプログラムをカセットテープに記録するには、45頁で説明したように、

W 〈最初のメモリ番地, 最後のメモリ番地〉

を使って行います。

ベーシックとマシン語で作られたプログラムをカセットテープに記録するには、このふたつのコマンドを使って行えばよいのです。

では、実際にベーシックとマシン語でできたプログラムを、カセットテープに記録させてみることにします。

ここでは、つぎの頁のうえに示すプログラムを使うことにします。このプログラムは、最初がベーシックでできています。つまり、行番号10から150までです。行番号150のEND文のあとにつづいているのがマシン語のプログラムです。つまり、メモリ番地Ｄ０００からＤ０４Ｂまでの16進数の部分です。

▶ベーシックとマシン語でできたプログラム

ベーシックのプログラム

```
10 DEF USR=&HD000
20 WIDTH 80,25:CONSOLE,,0
30 DIM MM(5)
40 PRINT CHR$(12)
50 PRINT " ◢◣ "
60 PRINT " ████ "
70 PRINT " ●▼▼● "
80 GET@(0,1)-(6,3),MM
90 PRINT CHR$(12)
100 FOR I=0 TO 40
110 PUT@(I,22)-(I+6,24),MM
120 NEXT
130 A=USR(0)
140 LOCATE 0,15
150 END
```

マシン語のプログラム

```
D000 21 7B FD 06 14 3E EC 77
D008 16 FF 3E 20 D3 40 0E FF
D010 0C C2 10 D0 15 C2 0A D0
D018 3E 00 D3 40 3E 00 77 11
D020 78 00 ED 52 10 DF 06 0C
D028 11 40 D0 21 9A F3 1A 77
D030 23 13 10 FA C9 FA 76 FF
D038 FF FF FF FF FF FF FF FF
D040 B7 B6 B2 BA DE CC DF DB
D048 B8 DE D7 D1 00 00 00 00
```

このマシン語のプログラムはサブルーチンになっていて、メインルーチンのベーシックのプログラムから、このマシン語のプログラムを呼び出しているのです。

ベーシックとマシン語でできたプログラムは、このプログラムに示すように、ベーシックでできた部分とマシン語でできた部分とが、ふたつに別かれているのがふつうです。

さて、このプログラムのカセットテープへの記録です。このプログラムは、すでにパソコンに入力がすんでいるものとします。

まず、ベーシックのプログラムを記録する

このようにベーシックとマシン語でできているプログラムをカセットテープに記録するには、まずベーシックでできているプログラムをカセットテープに記録します。ベーシックのプログラムをカセットテープに記録するには、さきに示したように、ファイル・ネームが必要です。ここではファイル・ネームを簡単にして〝ａａ〟とします。したがって、

```
CSAVE "a a" ←――ベーシックのプログラムをセーブする
```

と入力して、データレコーダにカセットテープをセットして、REC ボタンと PLAY ボタンを押します。それから RET キーを叩きます。ベーシックのプログラムが正常に記録されるとOKを表示しますから、OKを表示したら、データレコーダの STOP キーを押して、データレコーダを止めます。

つぎに、マシン語のプログラムを記録する

OKが表示されたら、MONコマンドを入力してマシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon
* ←――マシン語のコマンド・レベルにする
```

マシン語のコマンド・レベルにしたらWコマンドを入力します。そして最初のメモリ番地と最後のメモリ番地を入力します。この場合マシン語のプログラムは、Ｄ０００番地からＤ０４Ｂ番地に記憶されているので、最初のメモリ番地Ｄ０００番地と、Ｄ０４Ｂ番地を入力します。

```
mon
*WD000, D04B ←――Wコマンドのあとに最初のメモリ番地と
                  最後のメモリ番地を入力する
```

RET キーを叩くまえに、少しカセットテープを先送りして、ベーシックのプログラムとの間を少し離します。そのうえで、データレコーダの REC ボタンと PLAY ボタンを押します。そして、RET キーを叩きます。

すると、カーソルはWコマンドの横の＊印のうえに移動して点滅します。

```
mon
*WD000, D04B
```
←カーソルがこの位置で点滅する

マシン語のプログラムが正常に記録されると、次の行に＊印が表示されます。

つぎにベーシックのプログラムのカセットテープへの記録と、マシン語のプログラムのカセットテープへの記録の状態の実行結果を示します。

実行結果

```
csave"aa"      ←ベーシックのプログラムの記録
Ok
mon            ←マシン語のコマンド・レベルにする
*WD000,D04B    ←マシン語のプログラムの記録
*^B            ←CTRLキーとBのキーを一緒に押して
Ok               ベーシックのコマンド・レベルに戻す
cload?"aa"     ←ベーシックのプログラムのベリファイ
Found:aa
Ok
mon            ←マシン語のプログラムのベリファイ
*LV
*^B            ←CTRLキーとBのキーを一緒に押して
Ok               ベーシックのコマンド・レベルに戻す
■

          auto   go to   list   run
```

ベリファイを行うには

うえの実行結果に示したように、ベリファイも行っています。

この場合は、最初にベーシックのプログラムのベリファイを行い、つぎにマシン語のベリファイを行っています。

そうするにはマシン語のプログラムが正常に記録されたという＊印が表示されたら、＊印の箇所で、CTRLキーとBのキーを一緒に押してマシン語のコマンド・レベルからベーシックのコマンド・レベルに戻します。そして、カセットテープをベーシックのプログラムの位置の少し先まで巻き戻して、

CLOAD？〝ａａ〞 ←ベーシックのプログラムのベリファイを行う

を入力します。それから、データレコーダのPLAYボタンを押して、RET

キーを叩き、ベーシックのプログラムのベリファイを行います。

ベーシックのプログラムのベリファイが終了してOKが表示されたら、データレコーダの[STOP]キーを押して、データレコーダを止めます。

つぎに、MONコマンドを入力してマシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon
*  ←――マシン語のコマンド・レベルにする
```

マシン語のコマンド・レベルにしたら、＊の横にLVコマンドを入力します。

```
mon
*LV ←――マシン語のプログラムのベリファイを行う
```

LVコマンドを入力したら、マシン語のプログラムは ベーシックのプログラムのあとに記録されているので、そのままデータレコーダの[PLAY]ボタンを押して、[RET]キーを叩きます。

すると、カーソルはLVコマンドの横の＊印のうえに移動して点滅します。

```
mon
*LV  ←――カーソルが＊印のうえで点滅する
```

マシン語のプログラムのベリファイが終了すると、つぎの行に＊印を表示します。

ベーシックとマシン語でできたプログラムはベーシックのコマンド・レベルで実行させますから、＊印が表示されたら[CTRL]キーと[B]のキーを一緒に押して、ベーシックのコマンド・レベルに戻します。

プログラムの説明

では、このプログラムについて簡単に説明しておきます。

このプログラムを実行させると、つぎの実行結果に示すように、まず、車が画面の下、左端に表示されます。

実行結果

←――画面の左端に車が表示される

```
30 DIM MM(5)
40 PRINT CHR$(12)
50 PRINT "          "
60 PRINT "          "
70 PRINT "          "
80 GET@(0,1)-(6,3),MM
```

実行結果のように車を画面の左端に表示するのは、まず、行番号50から70までのPRINT文で画面に車を表示します。このPRINT文で表示された車は行番号80のGET＠文で、行番号30のDIM文で配列の宣言をして確保された配列MM（5）に記憶されます。配列に記憶された車は、行番号110のPUT＠文で取り出されて表示されます。

```
90 PRINT CHR$(12)
100 FOR I=0 TO 40
110 PUT@(I,22)-(I+6,24),MM
120 NEXT
```

行番号110のPUT＠文は、行番号100と120のFOR～NEXT文で囲まれています。この行番号100のFOR文の変数Ｉの値がPUT＠文のカッコのなかのＩに送られてきて、PUT＠文で配列MMに記憶した車を取り出して、表示する位置の指定となります。

行番号110のFOR文の変数Ｉの初期値は０です。したがって、この０がPUT＠文のカッコのなかのＩに送られてきますから、

PUT＠（0，22）－（0＋6，24），MM

となって、画面の左端に車を表示するわけです。

車を画面の下、左端に表示したあとは、行番号100のFOR文の変数Ｉの初期値０のつぎの１から順に最終値の40までを、つぎつぎに行番号110のPUT＠文のカッコのなかのＩに送ってきますから、車はつぎの頁の実行結果に示すように、画面の下を左端から画面の中央まで移動していきます。

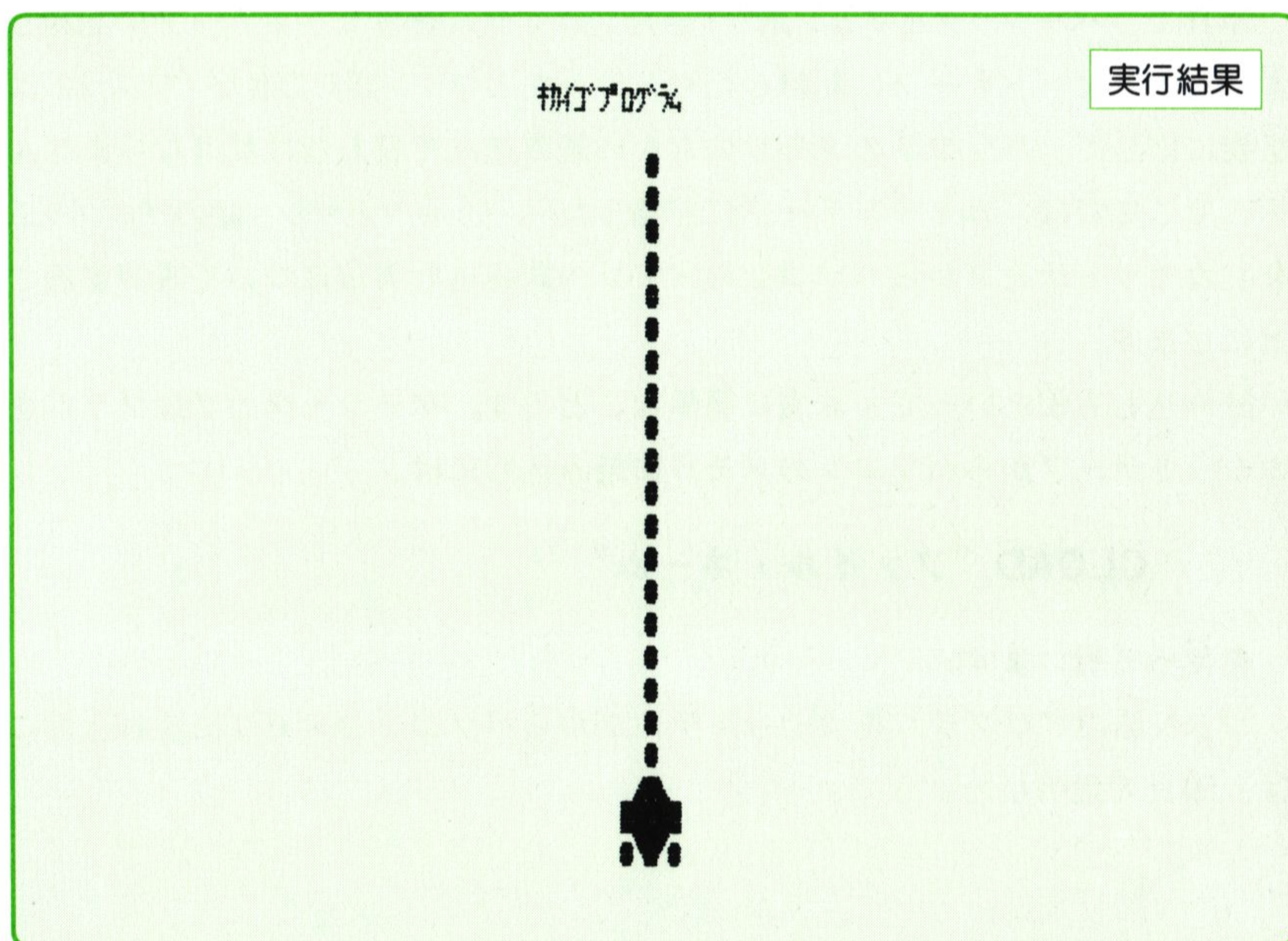
```
10 DEF USR=&HD000
130 A=USR(0)
```

行番号130のA＝USR（0）はマシン語のサブルーチンを呼び出します。

つまり、行番号10で、DEF USR＝&HD000としてマシン語のプログラムが記憶されている最初のメモリ番地を指定していますから、行番号130のA＝USR（0）を実行すると、D000番地へ実行が移ることになります。

さて、このマシン語のプログラムは、つぎの実行結果に示すように弾を画面のうえに向けて、音を出しながら発射し、弾が画面のうえに達したとき「キカイゴプログラム」というメッセージを表示するまでを行っています。

実行結果

```
ｷｶｲｺﾞﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ
```

マシン語のプログラムを実行し終わると行番号140のLOCATE文を実行します。

```
140 LOCATE 0,15
150 END
```

このLOCATE文は、行番号150のEND文を実行して表示するOKの表示位置を指定しています。このようにするのは、画面に表示された実行結果を壊わさないためです。

ベーシックとマシン語でできたプログラムをパソコンのメモリに読み込む

ベーシックを読み込むにはCLOAD、マシン語はL

55頁で、ベーシックとマシン語でできたプログラムをカセットテープに記録しました。カセットテープに記録したベーシックとマシン語でできたプログラムは、必要に応じて、パソコンのメモリのなかに読み込んで使わなければなりません。そこでここでは、カセットテープに記録したベーシックとマシン語のプログラムを、カセットテープからパソコンのメモリへ読み込む方法について説明することにします。

読み込む方法といっても非常に簡単なことです。ベーシックのプログラムを、カセットテープからパソコンのメモリに読み込むには、

CLOAD〝ファイル・ネーム〟

を使って行います。

マシン語のプログラムをカセットテープからパソコンのメモリに読み込むには、50頁で説明したように、

L ↵

を使って行います。

ベーシックとマシン語でできたプログラムをカセットテープからパソコンのメモリに読み込むには、このふたつのコマンドを使って行えばよいのです。

では、実際にカセットテープに記録したベーシックとマシン語でできたプログラムを、パソコンのメモリに読み込んでみることにします。

ここでは、55頁で、CSAVEとWコマンドで、ベーシックとマシン語でできたプログラムをカセットテープに記録しましたから、そのプログラムをカセットテープから、パソコンのメモリに読み込むことにします。

まず、パソコンの電源を切り、パソコンのメモリに記憶されているものを消去します。

まず、ベーシックのプログラムを読み込む

55頁でベーシックとマシン語でできたプログラムをカセットテープに記録したとき、ベーシックのプログラムをさきにカセットテープに記録しましたから、ベーシックのプログラムをさきに、パソコンのメモリに読み込みます。

ベーシックのプログラムをカセットテープに記録するとき、ファイル・ネームを〝aa〟としました。したがって、

CLOAD〝aa〟

と入力します。そして、カセットテープを巻き戻すなり、先送りするなりして、〝aa〟の記録されている位置を合わせます。〝aa〟のある位置を合わせたら、データレコーダの PLAY ボタンを押して、RET キーを叩きます。

カセットテープのなかからファイル・ネーム〝aa〟を捜し出すと、

Found：aa

を表示して、ベーシックのプログラムの読み込みを開始します。読み込みが終了すると、OKを表示しますから、そこで、データレコーダの STOP ボタンを押して、データレコーダを止めます。

つぎに、マシン語のプログラムを読み込む

つぎは、マシン語のプログラムの読み込みですから、MONコマンドを入力して、マシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon
*  ←――マシン語のコマンド・レベルにする
```

そして、＊印の横にLコマンドを入力します。

```
mon
*L ←――Lコマンドを入力して、マシン語のプログラムを読み込む
```

Lコマンドを入力したら、データレコーダの PLAY ボタンを押し、RET キーを叩きます。すると、カーソルがLコマンドの横の＊印のうえに移動して点滅し、マシン語のプログラムの読み込みを開始します。

```
mon
*L  カーソルがこの位置で点滅する
```

マシン語のプログラムの読み込みが終了すると、つぎの行に＊印が表示されてマシン語のコマンド・レベルに戻ります。

このプログラムはベーシックのプログラムからマシン語のプログラムを呼び出して実行しますから＊印が表示されてマシン語のコマンド・レベルに戻ったら、CTRLキーとBのキーを一緒に押して、ベーシックのコマンド・レベルに戻します。そして、RUNとキー入力すれば、プログラムが実行されます。

　つぎに、ベーシックとマシン語でできたプログラムの読み込みを行っている実行結果を示します。

実行結果

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
cload"aa"
Found:aa
Ok
mon
*L
*
Ok
```

- cload"aa" ← ベーシックのプログラムの読み込み
- *L ← マシン語のプログラムの読み込み
- * ← CTRLキーとBのキーを一緒に押してベーシックのコマンド・レベルに戻す

```
     auto   go to   list   run
```

パソコンのメモリの良否をチェックするには

メモリのチェックは、TMコマンド

パソコンのメモリが良いか悪いかを、チェックすることがあります。そのときに使うのが、**TMコマンド**です。

TMコマンドは、**TEST MEMORY（テスト・メモリ）**のことで、メモリが不良であるかないかのチェックを行います。

TMコマンドを使ってメモリのチェックを行うときは、つぎの実行結果に示すように、まず、MONコマンドを入力して、ベーシックのコマンド・レベルをマシン語のコマンド・レベルにします。

マシン語のコマンド・レベルになると、＊印が表示されますから、TMと入力します。そして、RETキーを叩きます。

実行結果

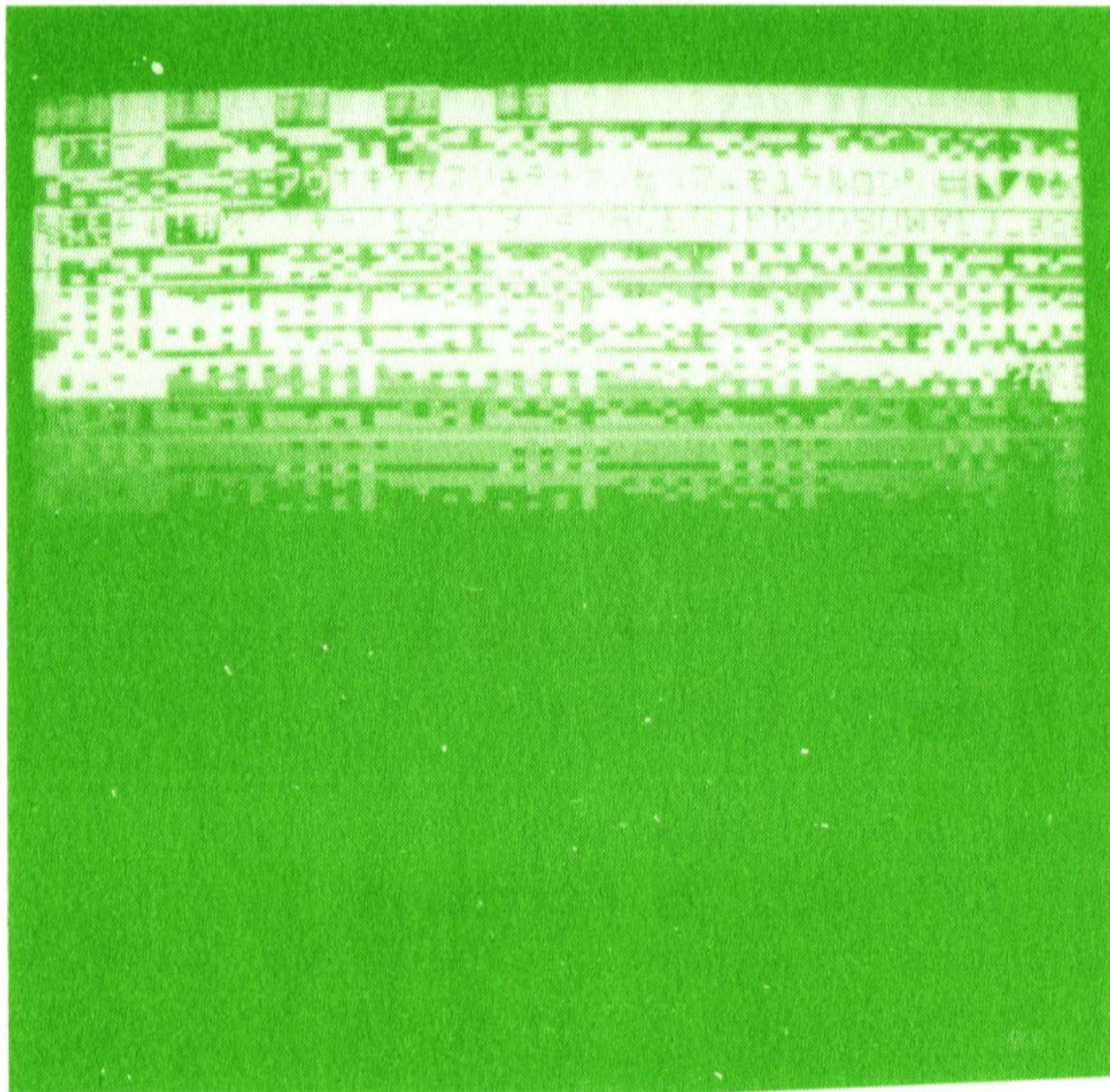
```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
mon
*TM
```

mon ← monコマンドを入力してマシン語のコマンド・レベルにする

*TM ← TMコマンドを入力して、RETキーを叩く

RETキーを叩くと、TMコマンドのまえにある＊印のうえにカーソルが移動して、そこで、カーソルが点滅します。

カーソルが＊印のうえで点滅してしばらくすると、画面の一番下、つまり、ファンクションキーの内容が表示されている位置に、なにやら表示されて、画面が乱れ始めます。つぎに、画面の一番上のほうになにやら表示されて、画面が乱れます。この画面になにやら表示されて、画面が乱れるのは、メモリの不良からではなく、メモリ・テストが順調に行われているということです。

そしてさらに画面の乱れは、つぎの写真に示すように、しだいに広がっていきます。

画面の乱れが終わると、画面は、なにも表示されていない状態になります。ただカーソルだけは、もとの位置で点滅しています。

画面になにも表示されないで、カーソルだけが点滅している状態は、32Kの場合、約3分ぐらいつづきますから、かなり長い時間のように感じられますが、約3分たつと、画面はパソコンに電源を入れた状態に戻ります。メモリ・テストに要する時間は、32Kの場合、約3分30秒です。

さて、画面がパソコンに電源を入れた最初の状態に戻ったときは、メモリ・テストの結果、メモリに異常がないということです。

▶メモリに不良があると、ブザーが鳴る

メモリに不良の箇所があるときは、不良が発見された時点でブザーが鳴りはじめます。ブザーは、STOPキーを叩いても鳴りつづけますから、このようなときは、電源を切るほかありません。

メモリ番地の読み方

8バイト表示のとき、メモリ番地は8つ置きに表示される

Dコマンドを使って、指定したメモリ番地のメモリに記憶されているマシン語を画面に表示させると、つぎの実行結果に示すように、各行の頭にメモリ番地が表示され、そのあとにマシン語が、1行に8個（8バイト）ずつ表示されていきます。

実行結果

```
mon
*DD000,D01D
D000 06 12 3E E9 21 00 F3 E5
D008 C5 06 28 77 23 23 10 FB
D010 C1 05 CA 1D D0 E1 11 78
D018 00 19 C3 07 D0 76
*
```


うえに示した実行結果は、メモリ番地D000からD01Dのメモリに記憶されているマシン語を、Dコマンドで画面に表示させた場合です。したがって、各行の頭にD000、D008、D010、D018というメモリ番地が表示されて、そのあとに8個（8バイト）ずつマシン語が表示されていきます。

さて、各行の先頭に表示されているメモリ番地は、どのメモリのメモリ番地を示しているのかというと、各行の最初に表示されているマシン語を記憶しているメモリのメモリ番地です。

つまり、D000は、1行目の最初の06を記憶しているメモリのメモリ番地、D008は、2行目の最初のマシン語C5を記憶しているメモリのメモリ番地、D010は、3行目の最初のマシン語C1を記憶しているメモリのメモリ番地、D018は、4行目の最初のマシン語00を記憶しているメモリのメモリ番地ということです。

▶表示されるのは最初のメモリ番地だけ

このように、各行の最初のマシン語が記憶されているメモリ番地は表示されますが、2番目からのマシン語が記憶されているメモリのメモリ番地は、ひとつひとつ表示されません。

したがって、2番目からのマシン語が記憶されているメモリのメモリ番地は、各行の先頭に表示されているメモリのメモリ番地にもとずいて、数えていくことになります。

この例の場合は、1行目に表示されているメモリ番地はD000で、そのメモリ番地は、最初のマシン語06を記憶しているメモリのメモリ番地ですから、2番目のマシン語12を記憶しているメモリのメモリ番地はD001、3番目の3Eを記憶しているメモリのメモリ番地はD002、4番目のマシン語E9を記憶しているメモリのメモリ番地はD003というように、D004、D005、D006、D007と、8個目のマシン語E5が記憶されているメモリのメモリ番地まで数えていき、2行目の先頭に移ります。

2行目の場合は、表示されているメモリのメモリ番地D008は、2行目の最初のマシン語C5を記憶しているメモリのメモリ番地ですから、2行目の2番目のマシン語06を記憶しているメモリのメモリ番地はD009、3番目のマシン語28を記憶しているメモリのメモリ番地はD00A、4番目のマシン語77を記憶しているメモリのメモリ番地はD00Bというように、D00C、D00D、D00E、D00Fと、8個目のマシン語FBが記憶されているメモリのメモリ番地まで数えていき、3行目の先頭に移ります。

▶メモリ番地は、16進数でつけられている

この場合、D009のあと、D00A、D00B、D00C、D00D、D00E、D00Fと数えるのは、メモリのメモリ番地は16進数でつけられているからです。16進数については、91頁を参照してください。

▶メモリ番地の読み方

つぎに、この場合のメモリ番地の読み方をまとめて示します。

```
      D000 D001 D002 D003 D004 D005 D006 D007
D000   06   12   3E   E9   21   00   F3   E5
      D008 D009 D00A D00B D00C D00D D00E D00F
D008   C5   06   28   77   23   23   10   FB
      D010 D011 D012 D013 D014 D015 D016 D017
D010   C1   05   CA   1D   D0   E1   11   78
      D018 D019 D01A D01B D01C D01D
D018   00   19   C3   07   D0   76
```

このように、1行にマシン語を8個（8バイト）ずつ表示させた場合は、メモリ番地は、8個置きに表示されます。

さて、画面にマシン語を表示させる場合は、普通は1行にマシン語を8個(8バイト）表示させます。なぜなら、1行8個（8バイト）のつぎは1行16個（16バイト）表示なので、文字が小さくなって読み取りづらいからです。

ただ、雑誌に掲載されているプログラムで、1行にマシン語が16個（16バイト）並んでいることがあります。この場合は、1行にマシン語が16個（16バイト）並びますから、メモリ番地は16個置きに表示されます。16個（16バイト）表示の場合のメモリ番地の読み方は、8個（8バイト）表示の場合のメモリ番地の読み方とおなじです。ただ、16個目で、つぎの行の先頭のメモリ番地に移るにすぎません。

画面では、1行で表示される

```
      D000 D001 D002 D003 D004 D005 D006 D007
D000   06   12   3E   E9   21   00   F3   E5
      D008 D009 D00A D00B D00C D00D D00E D00F
       C5   06   28   77   23   23   10   FB
      D010 D011 D012 D013 D014 D015 D016 D017
D010   C1   05   CA   1D   D0   E1   11   78
      D018 D019 D01A D01B D01C D01D
       00   19   C3   07   D0   76
```

チェックサムとは

チェックサムは、入力ミスがあるかないかを調べる

今日、雑誌などに、いろいろなマシン語のプログラムが掲載されています。雑誌などに掲載されているマシン語のプログラムを見ると、つぎのプログラムに示すように、プログラムの各行の終わりに「：」コロンで区切られて、そのあとに、マシン語とおなじ16進数が示されています。

```
D000 21 7B FD 06 14 3E EC 77 : 54
D008 16 FF 3E 20 D3 40 0E FF : 93
D010 0C C2 10 D0 15 C2 0A D0 : 5F
D018 3E 00 D3 40 3E 00 77 11 : 17
D020 78 00 ED 52 10 DF 06 0C : B8
D028 11 40 D0 21 9A F3 1A 77 : 60
D030 23 13 10 FA C9 FA 76 FF : 78
D038 FF FF FF FF FF FF FF FF : F8
D040 B7 B6 B2 BA DE CC DF DB : 3D
D048 B8 DE D7 D1 00 00 00 00 : 3E
```

チェックサム（マシン語のプログラムと一緒に入力してはいけない）

この「：」コロンのあとにある16進数は、マシン語のプログラムではなくて、**Check sum（チェックサム）**というものです。Check（チェック）は、調べるとか照合する、という意味です。sum（サム）は、合計とか総和、という意味です。

このチェックサムは、私たちがマシン語のプログラムを入力したとき、果たして、入力したプログラムが間違いなく入力されているかどうかを確認するためにつけられています。

つまり、マシン語のプログラムを作った人が、そのプログラムを使う人がプログラムの入力を間違えないで入力することができるように、チェックサムをつけてくれているわけです。

チェックサムのつけ方

チェックサムのつけ方にはいろいろあります。前に取りあげたプログラムのチェックサムは、**単純サム方式**といい、各行のマシン語を合計していって、チェックサムとしたものです。

つまり、1行目の場合は、つぎに示すように、

D000　21+7B+FD+06+14+3E+EC+77=54

1行目の最初の21H（Hは、21が16進数であることを示す）から最後77Hまでを足していって、合計を出します。21Hから77Hまでを足すと354Hとなりますが、この354Hの下2桁54Hを、1行目のチェックサムとして、「：」コロンのあとにおきます。

2行目の場合は、2行目の最初の16Hから最後のFFHまでを足して、合計を出します。

D008　16+FF+3E+20+D3+40+0E+FF=93

2行目の合計は393Hとなりますが、393Hの下2桁93Hを2行目のチェックサムとして、「：」コロンのあとにおきます。

3行目以降のチェックサムは、1行目、2行目の場合とおなじです。これが、チェックサムのつけ方です。

なお、チェックサムは、さきに説明したように、マシン語のプログラムが間違いなく入力されたかどうかを調べるためのものですから、マシン語のプログラムと一緒に入力してはなりません。

では、どのようにしてこのチェックサムで、入力したプログラムに入力ミスがあるかないかを調べるのか、チェックサムの使い方について説明します。

チェックサムの使い方

まずプログラムを入力します。ここでは、さきに示したマシン語のプログラムを入力します。プログラムを入力するメモリ番地はD000番地からです。

したがって、MONコマンドで、マシン語のプログラムが入力できるように、マシン語のコマンド・レベルにします。

```
mon
* ←───マシン語のコマンド・レベルにする
```

マシン語のコマンド・レベルにしたら、＊印のあとにSコマンドを入力し、

つづいてＤ０００番地を入力します。

```
mon
*SD000 ←―――Sコマンドを入力して、D000番地を入力する
```

Ｄ０００番地を入力したら、RETキーを叩きます。すると、

```
D000  FF- ←―――FF-に対して、マシン語のプログラムを入力する
```

Ｄ０００番地を表示して、つづいてＦＦ－を表示しますから、さきのプログラムを入力していきます。「：」コロンとチェックサムは入力しません。

さて、マシン語のプログラムを入力したら、入力したプログラムを画面に表示してみます。入力したマシン語のプログラムを画面に表示させるには、Ｄコマンドを使います。Ｄコマンドのあとには、マシン語を入力した最初のメモリ番地Ｄ０００と最後のメモリ番地Ｄ０４Ｂ番地を入力します。

```
*DD000, D04B ←―――Dコマンドで入力したマシン語を画面に表示
```

すると、つぎのように入力したマシン語のプログラムが画面に表示されます。

実行結果

```
mon
*DD000,D04B
D000 21 7B FD 06 14 3E EC 77
D008 16 FF 3E 20 D3 40 0E FF
D010 0C C2 10 D0 15 C2 0A D0
D018 3E 00 D3 40 3E 00 77 11
D020 78 00 ED 52 10 DF 06 0C
D028 11 40 D0 21 9A F3 1A 77
D030 23 13 10 FA C9 FA 76 FF
D038 FF FF FF FF FF FF FF FF
D040 B7 B6 B2 BA DE CC DF DB
D048 B8 DE D7 D1
*■

     auto   go to  list   run
```

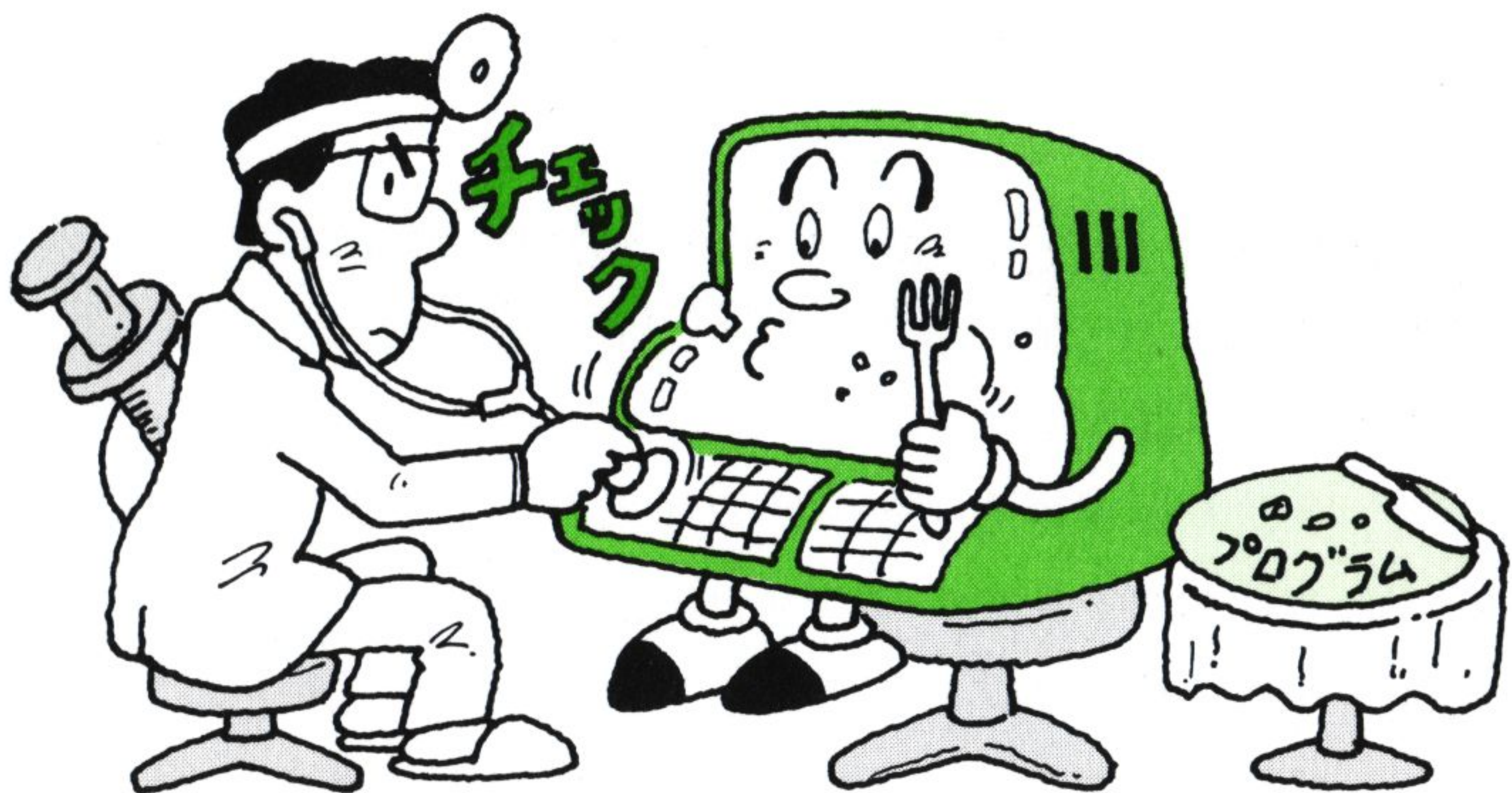
さて、画面に表示させたマシン語のプログラムが、間違いなく入力されているかどうかチェックしなければなりません。

短いマシン語のプログラムの場合ならまだしも、雑誌などに掲載されているような長いマシン語のプログラムを、間違いなく入力することはほとんど不可能に近いことだからです。マシン語のプログラムが長くなればなるほど、入力ミスの割合いが高くなると考えて間違いありません。

チェックサムとは

入力したマシン語のプログラムに、入力ミスがあるかないか調べる場合、入力したマシン語のひとつひとつと、もとのマシン語のプログラムのひとつひとつを照らし合わせていたのでは大変です。そこで、入力したマシン語のチェックサムを求めます。そして、求めたチェックサムと、もとのマシン語のプログラムに示されているチェックサムとを照合します。入力したマシン語のチェックサムと、もとのプログラムに示されているチェックサムがおなじ数であると、入力したマシン語のプログラムには入力ミスがないということになります。逆にいえば、入力したマシン語のチェックサムと、もとのマシン語のプログラムに示されているチェックサムとが一致しないと、入力したマシン語に入力ミスがあるということになります。

これがチェックサムの考え方、あるいはチェックサムの役割というものです。

ただし、チェックサムは、パソコンにマシン語のプログラムを入力すると、自動的に算出されてつけられるものではありません。もとのプログラムのチェックサムであれ、入力したマシン語のチェックサムであれ、各自がチェックサムプログラムを作って求めています。このチェックサムの求め方にはいろいろな方法があって、もとのプログラムのチェックサムの求め方と、入力したマシン語のチェックサムの求め方が違うということもあります。このために、入力したマシン語のチェックサムと、もとのマシン語のプログラムのチェックサムとが、一致しないということもあるということを覚えておく必要があります。

入力したマシン語のチェックサムを求める

ではつぎに、入力したマシン語のチェックサムを求めることにします。まず、チェックサムを求めるプログラムを示します。

```
10 INPUT "ｽﾀｰﾄｱﾄﾞﾚｽ";ST$
20 INPUT "ｴﾝﾄﾞ ｱﾄﾞﾚｽ";EN$
30 SA=VAL("&h"+ST$)
40 EA=VAL("&h"+EN$)
50 SN=0
60 FOR I=SA TO SA+7
70 SN=SN+PEEK(I)
80 NEXT
90 IF SA>=EA THEN END
100 PRINT HEX$(SA);" - ";HEX$(SA+7);"
    sum:";RIGHT$(HEX$(SN),2)
110 SA=SA+8
120 GOTO 50
```

このチェックサムを求めるプログラムは、さきのプログラムの場合とおなじように、各行の横1列の合計を求める単純サム方式です。

また、このチェックサムを求めるプログラムは、つぎの頁に示す実行結果のように、横1行の合計を算出して表示するプログラムで、さきに示したマシン語のプログラムのように、各行のマシン語のあとに、算出したチェックサムを表示するというものではありません。

チェックサム・プログラムの入力

さて、チェックサムを求めるプログラムの説明はあとで行うことにして、まず、チェックサムを求めるプログラムを入力して、実行させてみます。

さきに入力したマシン語のプログラムは、そのままにしておきます。

チェックサムを求めるプログラムは、ベーシックで書かれていますから、さきのマシン語のプログラムを入力し終った状態のままの場合は、CTRL キーと B のキーを一緒に押して、ベーシックのコマンド・レベルに戻します。そし

て、チェックサムを求めるプログラムを入力します。

ベーシックで書かれたプログラムは、マシン語のプログラムと違って自動的に８０２１番地のメモリから入力されていきますから、入力したチェックサムを求めるプログラムは、８０２１番地のメモリから記憶されていくことになります。したがって、Ｄ０００番地から入力したマシン語のプログラムは、そのままＤ０００番地から記憶されています。

チェックサムを求めるプログラムを入力し終ったら、RUNを入力します。すると、つぎのように、スタートアドレスの入力を求めてきますから、

```
run
スタートアドレス?  d000
```

入力したマシン語のプログラムが記憶されている最初のメモリ番地Ｄ０００を入力します。Ｄ０００を入力して RET キーを叩くと、つぎにエンドアドレスを求めてきます。

```
run
スタートアドレス?  d000
エンドアドレス?  d04b
```

そこで、入力したマシン語のプログラムが記憶されている、最後のメモリ番地Ｄ０４Ｂを入力します。そして、RET キーを叩くと、つぎの実行結果のように、入力したマシン語の各行のチェックサムが算出されて表示されます。

実行結果

```
run
ｽﾀｰﾄｱﾄﾞﾚｽ? d000
ｴﾝﾄﾞ ｱﾄﾞﾚｽ? d04b
D000 - D007       sum:54
D008 - D00F       sum:93
D010 - D017       sum:5F
D018 - D01F       sum:17
D020 - D027       sum:B8
D028 - D02F       sum:60
D030 - D037       sum:78
D038 - D03F       sum:F8
D040 - D047       sum:3D
D048 - D04F       sum:3E
```

メモリ番地

チェックサム

このようにして求めた、入力したマシン語のチェックサムと、もとのマシン語のプログラムに示されているチェックサムとを照合するわけです。

この場合、もとのマシン語のプログラムは、68頁に示したマシン語のプログラムです。したがって、そのプログラムに示されているチェックサムと照合することになります。うえから順に1行ずつチェックサムを照合していきます。この場合は、もとのプログラムのチェックサムと違うチェックサムがありませんから、入力ミスがないということになります。

▶入力ミスがある場合

では、つぎに入力ミスがある場合を示します。入力するプログラムはさきの場合とおなじです。

実行結果

```
run
ｽﾀｰﾄｱﾄﾞﾚｽ? d000
ｴﾝﾄﾞ ｱﾄﾞﾚｽ? d04b
D000 - D007        sum:54
D008 - D00F        sum:93
D010 - D017        sum:5F
D018 - D01F        sum:08
D020 - D027        sum:B8
D028 - D02F        sum:60
D030 - D037        sum:78
D038 - D03F        sum:F8
D040 - D047        sum:3D
D048 - D04F        sum:3E
Ok
```

うえに示した入力したマシン語のチェックサムと、68頁に示したもとのプログラムのチェックサムとを、うえから順に1行ずつ照合していくと、4行目のチェックサムは０８、もとのプログラムのチェックサムは１７で、チェックサムが違っています。したがって、入力ミスがあるということになります。

そこで、MONコマンドを入力して、マシン語のコマンド・レベルにし、

```
mon
*
```
← MONコマンドで、マシン語のコマンド・レベルにする

*印の横にDコマンドと、4行目のメモリ番地を入力して、

```
mon
```

＊DD018，D01F ←―― チェックサムが違っている行のメモリ番地を入力する

そのメモリ番地に記憶されているマシン語を、つぎの実行結果に示すように画面に表示します。そして、もとのプログラムのマシン語と、入力したマシン語をひとつひとつ照合します。この場合は、左から３個目のＤ３がＣ４と入力されていますから、このＣ４をＤ３に変更します。

入力ミスの変更の仕方については、31頁で説明していますから、31頁を参照してください。

実行結果

```
mon
*DD018,D01F
D018 3E 00 C4 40 3E 00 77 11
*SD01A
D01A C4-D3 40-
```

チェックサムが違っているメモリ番地を入力する

そのメモリ番地に記憶されているマシン語を表示

Sコマンドと違っているマシン語のメモリ番地を入力して、マシン語を変更する

```
      auto   go to   list   run
```

チェックサム・プログラムの説明

では、入力したマシン語のチェックサムを求めるプログラムの、各ステートメントの働きについて、簡単に説明しておくことにします。

```
10 INPUT "ｽﾀｰﾄｱﾄﾞﾚｽ";ST$
20 INPUT "ｴﾝﾄﾞ ｱﾄﾞﾚｽ";EN$
```

行番号10と20のINPUT文で、マシン語を入力した最初のメモリ番地と、最後のメモリ番地を入力します。行番号10のINPUT文でＳＴ＄に入力された最初のメモリ番地は、行番号30のVAL関数のＳＴ＄に送られます。行番号20のINPUT文でＥＮ＄に入力された最後のメモリ番地は、行番号40のＶＡＬ関数のＥＮ＄に送られます。

```
30 SA=VAL("&h"+ST$)
40 EA=VAL("&h"+EN$)
```

ST$とEN$に送られてきた最初のメモリ番地と最後のメモリ番地は、＆Hがプラスされて、VAL関数で16進数の数値に変換されます。そして、＝の左側にあるSAとEAにそれぞれ代入されます。

行番号50で、SNに０を代入します。この理由は、あとでわかります。

```
50 SN=0
```

行番号60のFOR文と行番号80のNEXT文で、初期値SAから最終値SA＋７まで、その間にある行番号70のステートメントを繰り返えします。

```
60 FOR I=SA TO SA+7
80 NEXT
```

FOR文のSAには、最初、行番号30のVAL関数で16進数の数値に変換されて、SAに代入された値Ｄ０００が送られてきますから、FOR文は、

FOR I=D000　TO D000+7

となります。FOR文の変数Ｉの初期値Ｄ０００から最終値Ｄ０００＋７は、行番号70のPEEK関数のＩに送られ、PEEK関数でマシン語を取り出すメモリ番地の指定となります。

```
70 SN=SN+PEEK(I)
```

PEEK関数のＩに送られてくる16進数はＤ０００ですから、

PEEK (D000)

となって、Ｄ０００番地に記憶されている２１Ｈを取り出してきて、ＳＮの値と足し算されます。最初ＳＮは０ですから、００Ｈ＋２１Ｈが行われます。足し算の結果の２１Ｈは、＝の左側のＳＮに代入されて記憶されます。

つぎにFOR文の変数Ｉの値はＤ００１Ｈとなりますから、その値をPEEK関数のＩに送ります。

PEEK (D001)

そして、PEEK関数で、Ｄ００１番地に記憶されている７ＢＨを取り出してきて、ＳＮに代入した２１Ｈと足します。２１Ｈ＋７ＢＨの結果の９ＣがＳＮ

に代入されて、ＳＮは９Ｃとなります。

このことをFOR文の変数Iの初期値Ｄ０００から最終値Ｄ０００＋７まで繰り返えすと、PEEK関数によって、メモリ番地Ｄ０００からＤ００７までに記憶されているマシン語が取り出されてきて足し算されることになります。

FOR文の変数Iの値が最終値まで繰り返えすと、FOR文の繰り返えしをやめて、行番号90のIF文を実行します。

```
90 IF SA>=EA THEN END
```

行番号90のIF文は、行番号20で入力した最後のメモリ番地になったかどうかを判定しています。最後のメモリ番地になると、ＳＡ＞＝ＥＡの条件が成立して、THEN　ENDを実行して、終わりとなります。

この場合は、まだ１回目ですから、IF文の条件は成立しません。したがって、行番号100のPRINT文の実行に進みます。

```
100 PRINT HEX$(SA);" - ";HEX$(SA+7);"
    sum:";RIGHT$(HEX$(SN),2)
```

行番号100のPRINT文で、メモリ番地とその番地に記憶されているマシン語の合計結果（チェックサム）を表示します。

HEX$関数は、SAの値を文字型の16進数に変換する関数で、最初は、

PRINT　HEX$（SA);"　－　";HEX$（SA＋7）

で、つぎのように表示されます。

D000　－　D007

RIGHT$関数は、文字列の右から指定しただけの文字を取り出す関数です。

RIGHT$（HEX$（SN），２）

この場合はHEX$関数で文字型の16進数に変換したものから、右から２文字取り出すことになります。取り出した２文字は、PRINT文で表示されます。最初のＤ０００番地からＤ００７番地までの合計の結果は354Hです。したがって右から２文字取り出すと５４Ｈになりますから、つぎのように表示されます。

sum：５４

メモリ番地と合計の結果を表示すると、行番号110のステートメントを実行します。

```
110 SA=SA+8
```

行番号110のＳＡ＝ＳＡ＋８で、これまでのＳＡの値に８を足します。その結果の値を＝の左側のＳＡに代入します。

そして、行番号120のGOTO文で、行番号50に戻ります。

```
120 GOTO 50
```

行番号50のＳＮ＝０でＳＮに０を代入して、ＳＮに記憶されているＤ０００番地からＤ００７番地までのマシン語の合計結果を０に戻します。

ＳＮを０に戻すと、行番号60のＦＯＲ文と行番号80のＮＥＸＴ文で、行番号70のＳＮ＝ＳＮ＋ＰＥＥＫ（Ｉ）を、ＦＯＲ文の変数Ｉの初期値ＳＡから最終値ＳＡ＋７まで繰り返えします。こんどは、行番号110でＳＡの値に８を足していますから、ＳＡはＤ００８となっています。したがって、

```
FOR I=D008  TO  D008+7
```

となります。このFOR文の変数Ｉの初期値Ｄ００８から最終値Ｄ００ＦまでをPEEK関数のＩに送って、PEEK関数でＤ００８番地からＤ００Ｆ番地に記憶されているマシン語を取り出します。そして、前回とおなじように足していって合計を算出します。これまで説明したことを繰り返えして、行番号10と20のINPUT文で入力した、最初のメモリ番地から最後のメモリ番地までの合計（チェックサム）を算出していきます。

以上説明したのは、１行のマシン語が８個（８バイト）の場合のチェックサムですが、１行のマシン語が16個（16バイト）の場合のチェックサムもあります。１行16バイトの場合は、さきに示したチェックサム・プログラムを、つぎに示すように変更して使用してください。つぎに、さきに示したチェックサム・プログラムの変更する行番号60から行番号110までを示します。

```
60 FOR I=SA TO SA+15 ←──8を15に変更する
70 SN=SN+PEEK(I)
80 NEXT
90 IF SA>=EA THEN END
100 PRINT HEX$(SA);" - ";HEX$(SA+15);"
    sum:";RIGHT$(HEX$(SN),2)
110 SA=SA+16 ←──8を16に変更する
```

ビットとバイト

1ビットは2進数の1桁を表わす

マシン語の場合、**ビット**とか**バイト**とかいう言葉がさかんに出てきます。まず、ビットという言葉から説明します。**ビット（bit）**とは、バイナリー・ディジット（binary digit）の略で、情報量の単位を表わします。バイナリーとは、「2進法の」という意味で、ディジットは「数字」という意味です。

1ビットという場合は、つぎに示すように、2進数の1桁のことをいいます。

1←─1ビット
0←─1ビット

2ビットという場合は、つぎに示すように、2進数の2桁のことをいいます。

```
00 ┐
01 │
10 ├ 2ビット
11 ┘
```

4ビットという場合は、つぎに示すように、2進数の4桁のことをいいます。4ビットのことを1ニブルということもあります。

```
0000 ┐
0001 │
0010 ├ 4ビット
0011 │
0100 ┘
```

さて、8ビットという場合は、つぎに示すように、2進数の8桁のことをいいます。

```
00111110 ┐
11101001 │
00110010 ├ 8ビット
11100100 ┘
```

8ビットは1バイト

8ビットは、1バイトともいいます。**バイト（byte）**は8ビットをひとつの単位として表わす表わし方です。つまり、12個をひとつの単位として、1ダースといういい表わし方とおなじです。

8ビットをわざわざ1バイトといいかえるのは、ほとんどのCPUが、8ビットを1単位として、情報を扱っているからです。

ひとつのメモリも8ビットを記憶する

CPUは情報を8ビット、つまり1バイトを1単位として扱っています。したがって、ひとつひとつのメモリも8ビット、つまり、1バイトずつ情報を記憶するようになっています。

また、メモリの容量の大きさを表現するときも、このバイトという単位を使います。たとえば、16Kバイトとか、32Kバイトとかいうようにです。

16進数1桁は4ビット

91頁で16進数について説明していますが、4ビットの2進数で表わすことができる0000から1111までは、16進数の０からＦまでの1桁で表わします。

したがって、16進数の０からＦまでの1桁は、4ビットとなります。

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F

16進数1桁は4ビット

16進数の2桁は1バイト

また、8ビットの2進数で表わすことができる00000000から11111111までは16進数の００からＦＦで表わされます。したがって、16進数の００からＦＦまでの2桁は、8ビットということになります。8ビットは1バイトですから、16進数2桁を1バイトといいます。

00 1A 1F 10 2C 37 AA D5 E0

16進数2桁は1バイト（8ビット）

2進数は、このように書き表わされている

2進数は、1、2、4、8の値に電気をつけて数を表わす

まず、2進数について考えるとき、私たちがふだん数を表わすために使っている10進数については、考えないようにしなければなりません。なぜなら、10進数が頭のなかにあると、常に2進数を10進数に置き換えてとらえてしまうからです。2進数を10進数に置き換えてとらえてしまっていては、いつまでたっても2進数はわからないものになってしまいます。

さてパソコンは、電気回路でできています。電気回路でできているパソコンは、電気信号であらゆることを処理しているわけですが、この電気信号には、電気回路がつながっているか、いないかの2つしかありません。つまりオンとオフの2つの状態です。このように、パソコンにはオンとオフの2つしかないので、このオンとオフの2つで数を表わすところから、2進数で数を表わすということになっているのです。

では、このオンとオフのふたつで、どうやって数を表わすのでしょうか。

ただオンとオフだけでは、数を表わすことはできません。うまいことに、2進数には、1、2、4、8という数のまとまりがあります。そこで、つぎに示すように、ケイを引いてメモリをきざみます。そして、そのメモリに、1、2、4、8という値をふります。

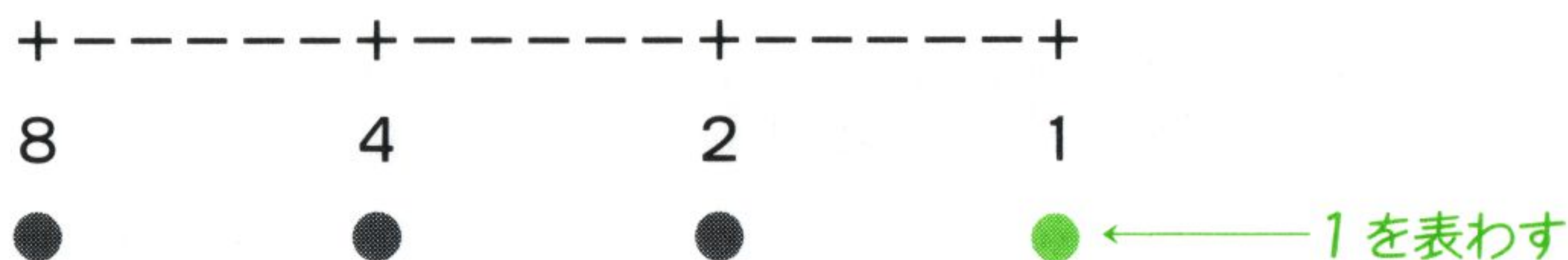
```
+------+------+------+
8      4      2      1
```

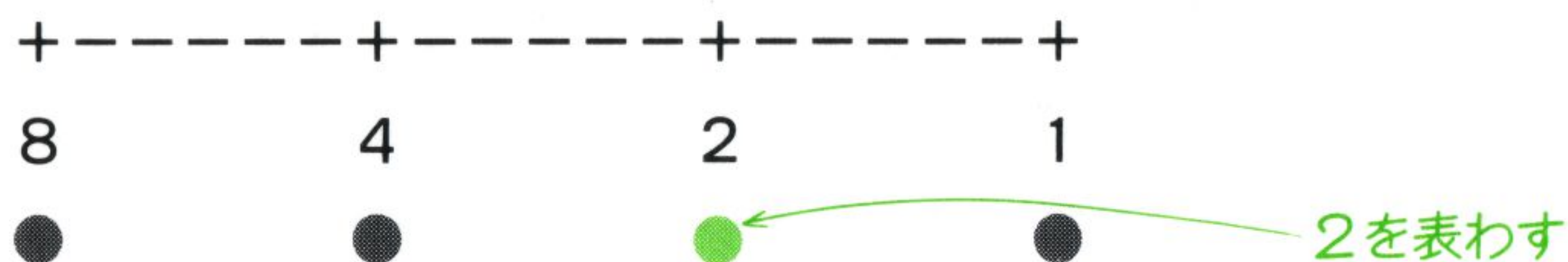
ここでは、8までとします。あとで、8以降の値についても説明します。さて、オンは電気がついた状態ですから、●で示します。オフは電気がついていない状態ですから、●で示します。

0という数は、つぎに示すように、どの値にも電気がついていない状態です。

```
+------+------+------+
8      4      2      1
●      ●      ●      ●  ←――0を表わす
```

1という数は、1という値がメモリにふられていますから、1の値のところに電気をつけます。

```
+------+------+------+
8      4      2      1
●      ●      ●      ● ←―― 1を表わす
```

2という数は、2という値がメモリにふられていますから、2の値のところに電気をつけます。

```
+------+------+------+
8      4      2      1
●      ●      ● ←―――――――――― 2を表わす
```

つぎは**3という数**です。3という値は、メモリにふられていません。では、どうやって3という数を表わすのでしょうか。2の値と1の値のところに電気をつけて表わします。

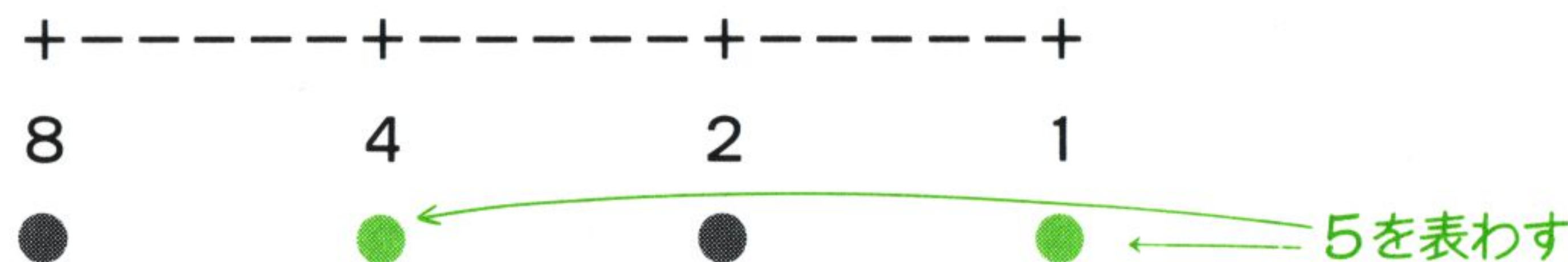
```
+------+------+------+
8      4      2      1
●      ●      ● ←――――――――― 3を表わす
                     ● ←―
```

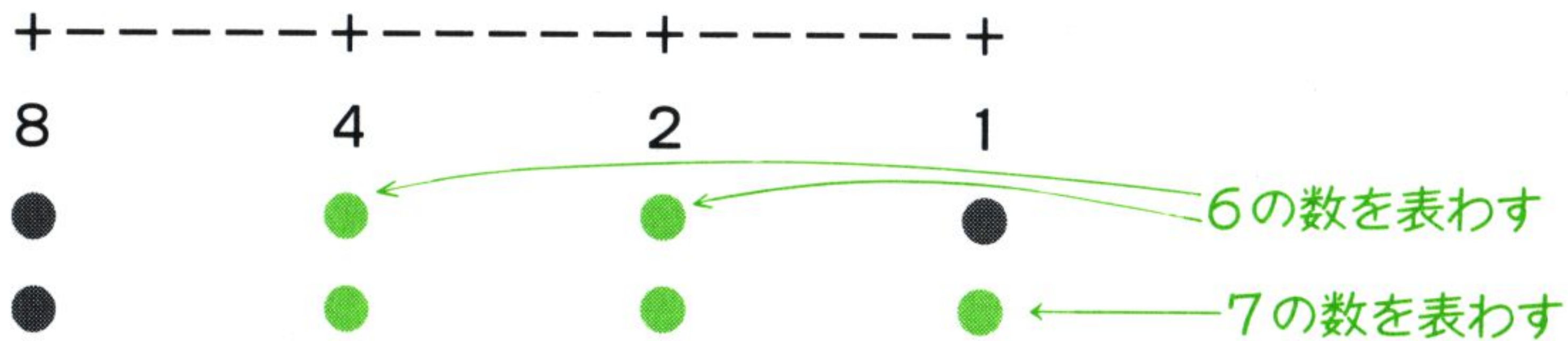
1の値と2の値に電気がつくということは、1の値と2の値を足すことを示しています。1＋2は3ですから、1の値と2の値に電気がつくことは、3を示していることになるのです。このことは、2進数を10進数に直したり、10進数を2進数に直したりするときに使うので、よくおぼえておくことです。

4の数は、メモリに4の値がふられていますから、4の値のところに電気をつけます。

```
+------+------+------+
8      4      2      1
●      ● ←―――――――――――――――― 4を表わす
```

5の数は、メモリに5の値がふられていません。したがって、3の数を表わしたときのように、メモリにふられている値から、5の数になる値を選び出して、その値に電気をつけることになります。1、2、4、8の値のうち、5の数になる値は1と4ですから、1と4の値のところに電気をつけます。

```
+------+------+------+
8      4      2      1
●      ● ←――――――――――――――― 5を表わす
                     ● ←―
```

6の数と**7の数**は、メモリに6の値、7の値がふられていませんから、5の数とおなじように、1、2、4、8のなかから、6の数、7の数になる値を選び出して、その値に電気をつけます。6の数は2の値と4の値、7の数は1の値と2の値と4の値に電気をつければよいわけですから、つぎのように電気をつけます。

```
+------+------+------+
8      4      2      1
●      ●      ●      ●   ←6の数を表わす
●      ●      ●      ●   ←7の数を表わす
```

オンに1、オフに0をあてはめる

ここまで、メモリにふられている値に、表わす数に応じて電気をつけてきました。ただ、電気をつけただけでは、私たちが数として表わすには不便です。そこで、**オンに1**、**オフに0**をあてはめて、1と0で表わす2進数としているわけです。したがって、これまで説明してきた電気がついているところに1、電気がついていないところに0をそのままあてはめると、2進数と呼んでいる1と0で表わされた数そのものになります。

まず、5を1と0の2進数で表わしてみます。5はつぎに示すように、8と2の値のところが電気がつかず、4と1の値のところに電気がつきました。

```
8---4---2---1
●   ●   ●   ●
```

電気がついたところに1、電気がつかなかったところに0をあてはめます。

```
●   ●   ●   ●
0   1   0   1←──0101
```

このように5は、2進数で0101で表わされるということになります。

つぎに7を2進数で表わしてみます。7は、1と2と4に電気がつきました。

```
8---4---2---1
●   ●   ●   ●
```

電気がついたところに1、電気がつかないところに0をあてはめます。

```
●   ●   ●   ●
0   1   1   1←──0111
```

7は、2進数で0111ということになります。

これが２進数の表わし方です。つぎに10進数と２進数の対応表を示しますから、さきに説明したように、メモリに１、２、４、８の値をふって、それぞれの２進数の１と０をその値のところにおいてみてください。そうすることによって、１と０の並びが、なぜ10あるいは15などという数を示すのか、よりよく理解できるようになると思います。

▶10進数、２進数対応表

10進数	２進数	8---4---2---1
0	0000	
1	0001	
2	0010	
3	0011	
4	0100	
5	0101	
6	0110	
7	0111	
8	1000	
9	1001	
10	1010	
11	1011	
12	1100	
13	1101	
14	1110	
15	1111	

８ビットの場合は

これまで説明してきた２進数は、４ビットで表わすことができる15までの数です。ビットについては79頁で説明していますから参照してください。

私たちがふつう使っているパソコンは、８ビット型パソコンですから、当然４ビットで表わすことができる15以上の数を表わすことができます。

８ビットの場合は、つぎに示すように、４ビットの場合のメモリに、さらに４つメモリが増えて、そのメモリに16、32、64、128の値をふります。

+−−−+−−−+−−−−+−−−−+−−−−+−−−−+−−−−+
128　64　32　16　8　4　2　1

電気のつき方は、4ビットの2進数で説明したこととおなじです。つまり、表わす数に応じた値を、メモリにふられている値のなかから選び出して、その値のところに電気がつくことになります。

まず、16の数から始めます。16の数は、メモリに16という値がふられていますから、16の値に電気がつきます。そのほかには電気がつきませんから、つぎのようになります。その下に、電気がついたところに1、電気がつかないところに0をあてはめて、2進数を示します。

●●●●●●●●
00010000

つぎは、17の数です。17という数は、メモリにふられていませんから、メモリにふられている値から、17という数になる値を選び出して、その値に電気がつきます。17の場合は、1の値と16の値とで17になりますから、1の値と16の値のところに電気がつきます。そのほかには、電気がつかないので、つぎのようになります。

●●●●●●●●
00010001

18の数も、メモリにふられていません。18の場合は、2の値と16の値とで18になりますから、2の値と16の値のところに電気がつきます。そのほかには、電気がつかないので、つぎのようになります。

●●●●●●●●
00010010

19の数も、おなじようにメモリにふられていません。19の場合は、1の値と2の値、それに16の値とで19になりますから、1と2と16の値のところに電気がつきます。そのほかのところにはつきませんから、つぎのようになります。

●●●●●●●●
00010011

あとは、つぎに10進数と8ビットの2進数の対応表を示しますので、さきに示したように、メモリに1、2、4、8、16、32、64、128の値をふって、それ

ぞれの２進数の１と０を、その値のところにおいてみて、どのように表わされているか確めてみてください。

なお、８ビットで表わすことができる数は、全部の値に電気がついた１１１１１１１１（255）までです。

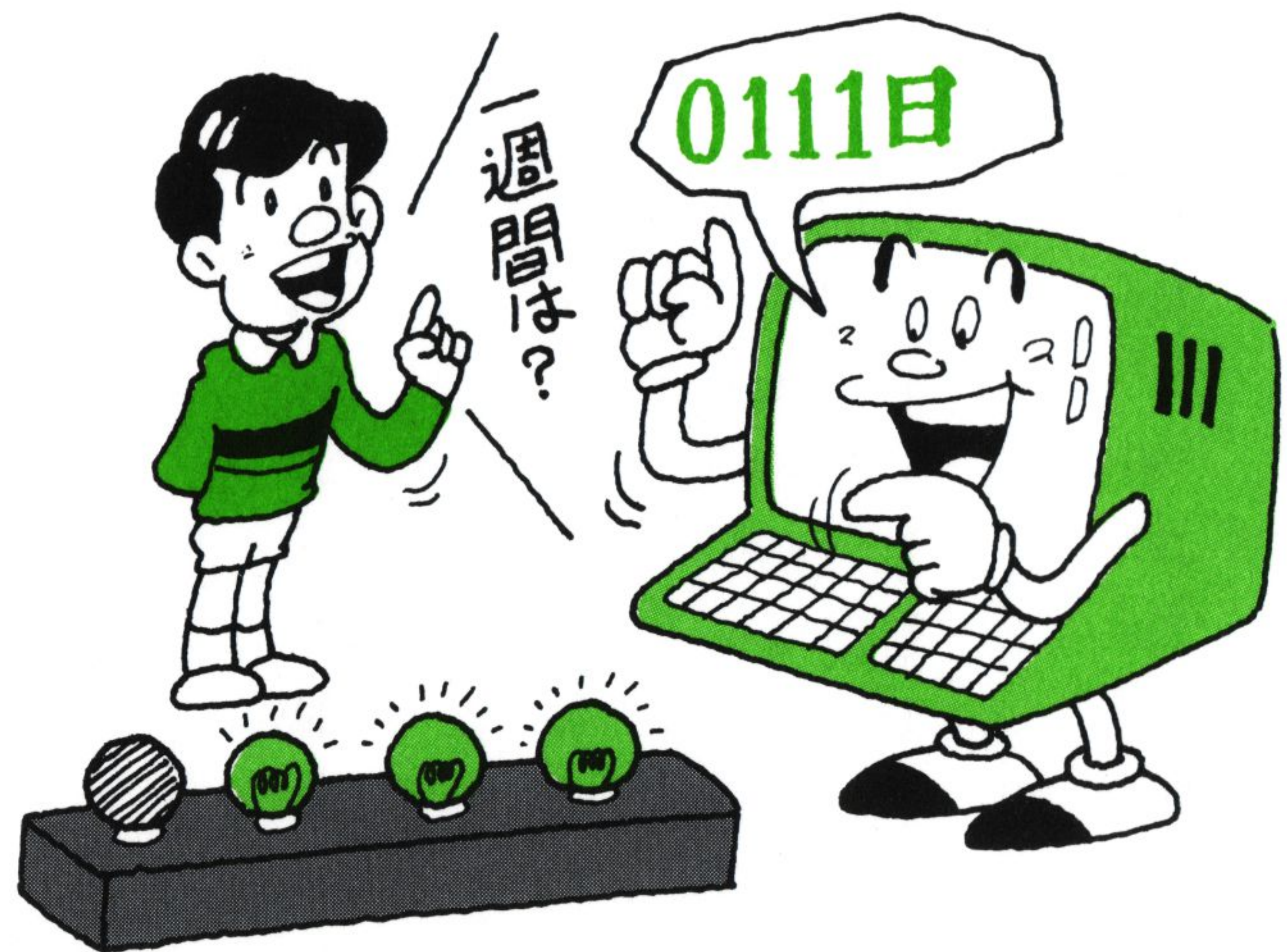
10進数と８ビットの２進数対応表

10進数	２進数	10進数	２進数
0	００００００００	24	０００１１０００
1	０００００００１	25	０００１１００１
2	００００００１０	26	０００１１０１０
3	００００００１１	27	０００１１０１１
4	０００００１００	28	０００１１１００
5	０００００１０１	29	０００１１１０１
6	０００００１１０	30	０００１１１１０
7	０００００１１１	31	０００１１１１１
8	００００１０００	32	００１０００００
9	００００１００１	33	００１００００１
10	００００１０１０	34	００１０００１０
11	００００１０１１	35	００１０００１１
12	００００１１００	36	００１００１００
13	００００１１０１	37	００１００１０１
14	００００１１１０	38	００１００１１０
15	００００１１１１	39	００１００１１１
16	０００１００００	40	００１０１０００
17	０００１０００１	41	００１０１００１
18	０００１００１０	42	００１０１０１０
19	０００１００１１	43	００１０１０１１
20	０００１０１００	44	００１０１１００
21	０００１０１０１	45	００１０１１０１
22	０００１０１１０	46	００１０１１１０
23	０００１０１１１	47	００１０１１１１

48	0 0 1 1 0 0 0 0	79	0 1 0 0 1 1 1 1
49	0 0 1 1 0 0 0 1	80	0 1 0 1 0 0 0 0
50	0 0 1 1 0 0 1 0	81	0 1 0 1 0 0 0 1
51	0 0 1 1 0 0 1 1	82	0 1 0 1 0 0 1 0
52	0 0 1 1 0 1 0 0	83	0 1 0 1 0 0 1 1
53	0 0 1 1 0 1 0 1	84	0 1 0 1 0 1 0 0
54	0 0 1 1 0 1 1 0	85	0 1 0 1 0 1 0 1
55	0 0 1 1 0 1 1 1	86	0 1 0 1 0 1 1 0
56	0 0 1 1 1 0 0 0	87	0 1 0 1 0 1 1 1
57	0 0 1 1 1 0 0 1	88	0 1 0 1 1 0 0 0
58	0 0 1 1 1 0 1 0	89	0 1 0 1 1 0 0 1
59	0 0 1 1 1 0 1 1	90	0 1 0 1 1 0 1 0
60	0 0 1 1 1 1 0 0	91	0 1 0 1 1 0 1 1
61	0 0 1 1 1 1 0 1	92	0 1 0 1 1 1 0 0
62	0 0 1 1 1 1 1 0	93	0 1 0 1 1 1 0 1
63	0 0 1 1 1 1 1 1	94	0 1 0 1 1 1 1 0
64	0 1 0 0 0 0 0 0	95	0 1 0 1 1 1 1 1
65	0 1 0 0 0 0 0 1	96	0 1 1 0 0 0 0 0
66	0 1 0 0 0 0 1 0	97	0 1 1 0 0 0 0 1
67	0 1 0 0 0 0 1 1	98	0 1 1 0 0 0 1 0
68	0 1 0 0 0 1 0 0	99	0 1 1 0 0 0 1 1
69	0 1 0 0 0 1 0 1	100	0 1 1 0 0 1 0 0
70	0 1 0 0 0 1 1 0	101	0 1 1 0 0 1 0 1
71	0 1 0 0 0 1 1 1	102	0 1 1 0 0 1 1 0
72	0 1 0 0 1 0 0 0	103	0 1 1 0 0 1 1 1
73	0 1 0 0 1 0 0 1	104	0 1 1 0 1 0 0 0
74	0 1 0 0 1 0 1 0	105	0 1 1 0 1 0 0 1
75	0 1 0 0 1 0 1 1	106	0 1 1 0 1 0 1 0
76	0 1 0 0 1 1 0 0	107	0 1 1 0 1 0 1 1
77	0 1 0 0 1 1 0 1	108	0 1 1 0 1 1 0 0
78	0 1 0 0 1 1 1 0	109	0 1 1 0 1 1 0 1

110	0 1 1 0 1 1 1 0	141	1 0 0 0 1 1 0 1
111	0 1 1 0 1 1 1 1	142	1 0 0 0 1 1 1 0
112	0 1 1 1 0 0 0 0	143	1 0 0 0 1 1 1 1
113	0 1 1 1 0 0 0 1	144	1 0 0 1 0 0 0 0
114	0 1 1 1 0 0 1 0	145	1 0 0 1 0 0 0 1
115	0 1 1 1 0 0 1 1	146	1 0 0 1 0 0 1 0
116	0 1 1 1 0 1 0 0	147	1 0 0 1 0 0 1 1
117	0 1 1 1 0 1 0 1	148	1 0 0 1 0 1 0 0
118	0 1 1 1 0 1 1 0	149	1 0 0 1 0 1 0 1
119	0 1 1 1 0 1 1 1	150	1 0 0 1 0 1 1 0
120	0 1 1 1 1 0 0 0	151	1 0 0 1 0 1 1 1
121	0 1 1 1 1 0 0 1	152	1 0 0 1 1 0 0 0
122	0 1 1 1 1 0 1 0	153	1 0 0 1 1 0 0 1
123	0 1 1 1 1 0 1 1	154	1 0 0 1 1 0 1 0
124	0 1 1 1 1 1 0 0	155	1 0 0 1 1 0 1 1
125	0 1 1 1 1 1 0 1	156	1 0 0 1 1 1 0 0
126	0 1 1 1 1 1 1 0	157	1 0 0 1 1 1 0 1
127	0 1 1 1 1 1 1 1	158	1 0 0 1 1 1 1 0
128	1 0 0 0 0 0 0 0	159	1 0 0 1 1 1 1 1
129	1 0 0 0 0 0 0 1	160	1 0 1 0 0 0 0 0
130	1 0 0 0 0 0 1 0	161	1 0 1 0 0 0 0 1
131	1 0 0 0 0 0 1 1	162	1 0 1 0 0 0 1 0
132	1 0 0 0 0 1 0 0	163	1 0 1 0 0 0 1 1
133	1 0 0 0 0 1 0 1	164	1 0 1 0 0 1 0 0
134	1 0 0 0 0 1 1 0	165	1 0 1 0 0 1 0 1
135	1 0 0 0 0 1 1 1	166	1 0 1 0 0 1 1 0
136	1 0 0 0 1 0 0 0	167	1 0 1 0 0 1 1 1
137	1 0 0 0 1 0 0 1	168	1 0 1 0 1 0 0 0
138	1 0 0 0 1 0 1 0	169	1 0 1 0 1 0 0 1
139	1 0 0 0 1 0 1 1	170	1 0 1 0 1 0 1 0
140	1 0 0 0 1 1 0 0	171	1 0 1 0 1 0 1 1

172	1 0 1 0 1 1 0 0	203	1 1 0 0 1 0 1 1
173	1 0 1 0 1 1 0 1	204	1 1 0 0 1 1 0 0
174	1 0 1 0 1 1 1 0	205	1 1 0 0 1 1 0 1
175	1 0 1 0 1 1 1 1	206	1 1 0 0 1 1 1 0
176	1 0 1 1 0 0 0 0	207	1 1 0 0 1 1 1 1
177	1 0 1 1 0 0 0 1	208	1 1 0 1 0 0 0 0
178	1 0 1 1 0 0 1 0	209	1 1 0 1 0 0 0 1
179	1 0 1 1 0 0 1 1	210	1 1 0 1 0 0 1 0
180	1 0 1 1 0 1 0 0	211	1 1 0 1 0 0 1 1
181	1 0 1 1 0 1 0 1	212	1 1 0 1 0 1 0 0
182	1 0 1 1 0 1 1 0	213	1 1 0 1 0 1 0 1
183	1 0 1 1 0 1 1 1	214	1 1 0 1 0 1 1 0
184	1 0 1 1 1 0 0 0	215	1 1 0 1 0 1 1 1
185	1 0 1 1 1 0 0 1	216	1 1 0 1 1 0 0 0
186	1 0 1 1 1 0 1 0	217	1 1 0 1 1 0 0 1
187	1 0 1 1 1 0 1 1	218	1 1 0 1 1 0 1 0
188	1 0 1 1 1 1 0 0	219	1 1 0 1 1 0 1 1
189	1 0 1 1 1 1 0 1	220	1 1 0 1 1 1 0 0
190	1 0 1 1 1 1 1 0	221	1 1 0 1 1 1 0 1
191	1 0 1 1 1 1 1 1	222	1 1 0 1 1 1 1 0
192	1 1 0 0 0 0 0 0	223	1 1 0 1 1 1 1 1
193	1 1 0 0 0 0 0 1	224	1 1 1 0 0 0 0 0
194	1 1 0 0 0 0 1 0	225	1 1 1 0 0 0 0 1
195	1 1 0 0 0 0 1 1	226	1 1 1 0 0 0 1 0
196	1 1 0 0 0 1 0 0	227	1 1 1 0 0 0 1 1
197	1 1 0 0 0 1 0 1	228	1 1 1 0 0 1 0 0
198	1 1 0 0 0 1 1 0	229	1 1 1 0 0 1 0 1
199	1 1 0 0 0 1 1 1	230	1 1 1 0 0 1 1 0
200	1 1 0 0 1 0 0 0	231	1 1 1 0 0 1 1 1
201	1 1 0 0 1 0 0 1	232	1 1 1 0 1 0 0 0
202	1 1 0 0 1 0 1 0	233	1 1 1 0 1 0 0 1

234	11101010	245	11110101
235	11101011	246	11110110
236	11101100	247	11110111
237	11101101	248	11111000
238	11101110	249	11111001
239	11101111	250	11111010
240	11110000	251	11111011
241	11110001	252	11111100
242	11110010	253	11111101
243	11110011	254	11111110
244	11110100	255	11111111

マシン語は16進数で書き表わす

16進数は、16で桁上がりする数

マシン語は、その名前の通り機械の言葉です。パソコンの内部で使われている言葉は、電気信号です。その電気信号のオンに1、オフに0を対応させた言葉が、マシン語ということになります。つまり、81頁で説明している2進数です。私たちがふつう使っているパソコンは、8ビットをひとつの単位として扱っているので、8ビットの2進数です。

ところが、マシン語でプログラムを書き表わすという場合、この2進数は使いません。16進数を使います。なぜ2進数を使わずに、16進数を使ってプログラムを書き表わすのかというと、2進数は、私たちにとって非常に理解しがたいものだからです。といって、10進数でマシン語のプログラムを書き表わしたのでは、パソコンが、それを2進数に直すのが大変です。そこで、私たちにもわかりやすく、パソコンにとっても便利な16進数を作り、16進数でマシン語のプログラムを書き表わすことになったわけです。したがって、私たちにとってのマシン語は、16進数を指しています。

さて16進数は、16を一区切りにして表わす数です。10進数が、10を一区切りにして表わす数であるのとおなじです。つまり、つぎに示すように、10進数は0から9までが1桁で、9のつぎの10で桁上がりしますが、16進数は0から15までが1桁で、15のつぎの16で桁上がりするということです。

```
0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 ←── 10進数の1桁  10で桁上がりする
0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
                16進数の1桁  16で桁上がりする ──↗
```

16進数の9のつぎのA、B、C、D、E、Fは、10進数と、つぎのように対応しています。

```
A   B   C   D   E   F
↑   ↑   ↑   ↑   ↑   ↑
10  11  12  13  14  15
```

したがって、16進数のAのつぎの10は、数字通りの10の意味ではなくて、10進数の16にあたります。

では、16進数を理解するために、2桁以降はどのように表わされるのか、もう少し16進数を取りあげて示します。カッコのなかの数字は10進数です。

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F
(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)	(42)	(43)	(44)	(45)	(46)	(47)
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F
(48)	(49)	(50)	(51)	(52)	(53)	(54)	(55)	(56)	(57)	(58)	(59)	(60)	(61)	(62)	(63)
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
(64)	(65)	(66)	(67)	(68)	(69)	(70)	(71)	(72)	(73)	(74)	(75)	(76)	(77)	(78)	(79)
	⋮														
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F
(144)	(145)	(146)	(147)	(148)	(149)	(150)	(151)	(152)	(153)	(154)	(155)	(156)	(157)	(158)	(159)
A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF
(160)	(161)	(162)	(163)	(164)	(165)	(166)	(167)	(168)	(169)	(170)	(171)	(172)	(173)	(174)	(175)
B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF
(176)	(177)	(178)	(179)	(180)	(181)	(182)	(183)	(184)	(185)	(186)	(187)	(188)	(189)	(190)	(191)
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF
(192)	(193)	(194)	(195)	(196)	(197)	(198)	(199)	(200)	(201)	(202)	(203)	(204)	(205)	(206)	(207)
D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF
(208)	(209)	(210)	(211)	(212)	(213)	(214)	(215)	(216)	(217)	(218)	(219)	(220)	(221)	(222)	(223)
E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF
(224)	(225)	(226)	(227)	(228)	(229)	(230)	(231)	(232)	(233)	(234)	(235)	(236)	(237)	(238)	(239)
F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF
(240)	(241)	(242)	(243)	(244)	(245)	(246)	(247)	(248)	(249)	(250)	(251)	(252)	(253)	(254)	(255)
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	10A	10B	10C	10D	10E	10F
(256)	(257)	(258)	(259)	(260)	(261)	(262)	(263)	(264)	(265)	(266)	(267)	(268)	(269)	(270)	(271)

以上16進数は、すべてFのつく１Ｆ、２Ｆ、３Ｆのつぎで桁上がりします。

4ビットの2進数は、16進数の1桁で表わされる

では、この16進数は、2進数とどのように対応しているでしょうか。まず、4ビットの2進数と16進数の対応表を示します。数がわかりやすいように10進数も示しておきます。

2進数	16進数	10進数
0000	0	0
0001	1	1
0010	2	2
0011	3	3
0100	4	4
0101	5	5
0110	6	6
0111	7	7
1000	8	8
1001	9	9
1010	A	10
1011	B	11
1100	C	12
1101	D	13
1110	E	14
1111	F	15

このように、4ビットの2進数で表わすことができる００００から１１１１までは、16進数1桁で表わすことができます。

4ビットの2進数＝16進数1桁

8ビットの2進数は、16進数2桁で表わされる

では、8ビットの2進数を16進数で表わすとどうなるでしょうか。つぎに16進数と8ビットの2進数の対応表を示します。

2進数	16進数	2進数	16進数
00000000	００	00001000	０８
00000001	０１	00001001	０９
00000010	０２	00001010	０Ａ
00000011	０３	00001011	０Ｂ
00000100	０４	00001100	０Ｃ
00000101	０５	00001101	０Ｄ
00000110	０６	00001110	０Ｅ
00000111	０７	00001111	０Ｆ

うえに示したように、8ビットの2進数の場合は、００、０１、０２といったように、16進数2桁で表わされます。

8ビットの2進数を、その2進数に対応した16進数にするには、まず、8ビットの2進数を、上位4ビット、下位4ビットの2つに区切ります。

0000　0000
上位4ビット　下位4ビット

そして、さきに示した4ビットの2進数に対応した16進数を、上位4ビット、下位4ビットの2進数にあてはめます。4ビットの2進数0000は、16進数では０ですから、上位4ビットの2進数0000に16進数の０をあてはめます。下位4ビットの2進数0000もおなじですから、16進数の０をあてはめます。

0000　0000
↑　↑
0　0

このようなわけで、8ビットの2進数00000000は、16進数００の2桁で表わされるのです。

8ビットの2進数＝16進数2桁

そのほかの場合も、このようにして16進数2桁となります。2進数と16進数

の変換については、97頁で説明していますから、97頁を参照してください。

ところで、8ビットの2進数は1バイトです。したがって、16進数2桁も1バイトとなります。

8ビットの2進数＝1バイト
2桁の16進数＝1バイト

16進数4桁の場合は2バイトとなります。

F331　FFFF　00C3　17AB

16進数4桁は2バイト

おなじように、16進数6桁は3バイトとなります。

C36A00　C3576D　3F00EF

16進数6桁は3バイト

メモリには1バイトずつ記憶する

これまで説明したように、私たちにとってのマシン語は、16進数です。また、私たちがふつう使っているパソコンは、8ビットをひとつの単位として扱っています。したがって、マシン語を記憶するメモリも、ひとつのメモリに8ビット、つまり1バイトずつ記憶するようになっていますから、16進数2桁ずつ記憶することになります。マシン語を入力する場合も、当然、16進数2桁ずつ入力することになります。まず、マシン語の入力の実行結果を示します。

実行結果

```
mon
*SD000
D000 FF-21 FF-90 FF-F9 FF-3E
D004 FF-F5 FF-77 FF-76 FF-23
D008 FF-23 FF-C3 FF-05 FF-D0
D00C FF-
```

メモリには16進数2桁ずつ入力する

このように入力したマシン語は、つぎのようにひとつのメモリ番地に、2桁ずつ、つまり1バイトずつ記憶されます。

メモリ番地	マシン語	メモリ番地	マシン語
D000	21	D006	76
D001	90	D007	23
D002	F9	D008	23
D003	3E	D009	C3
D004	F5	D00A	05
D005	77	D00B	D0

マシン語は、このように、ひとつのメモリに16進数2桁ずつ記憶される

つぎにDコマンドで、入力したマシン語を表示させた実行結果を示します。

実行結果

```
mon
*DD000
D000 21 90 F9 3E F5 77 76 23
D008 23 C3 05 D0 FF FF FF FF
*■
```

ひとつのメモリには16進数2桁つまり1バイトずつ記憶する

なお、メモリ番地は、D000、D001、D002というように、16進数4桁でつけられていますから、メモリ番地は2バイトということになります。

2進数を16進数へ 16進数を2進数へ変換するには

2進数↔16進数変換は4ビットずつで行う

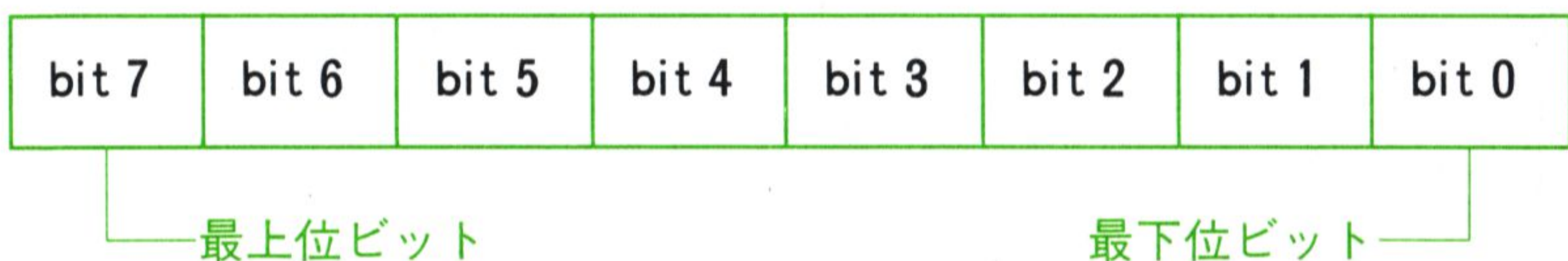
81頁で2進数について、また、91頁で16進数について説明しました。マシン語を使う場合、2進数を16進数へ、16進数を2進数へ変換する方法を知っていると、なにかと便利です。そこで、ここでは2進数を16進数へ、また16進数を2進数へ変換する方法について説明することにします。

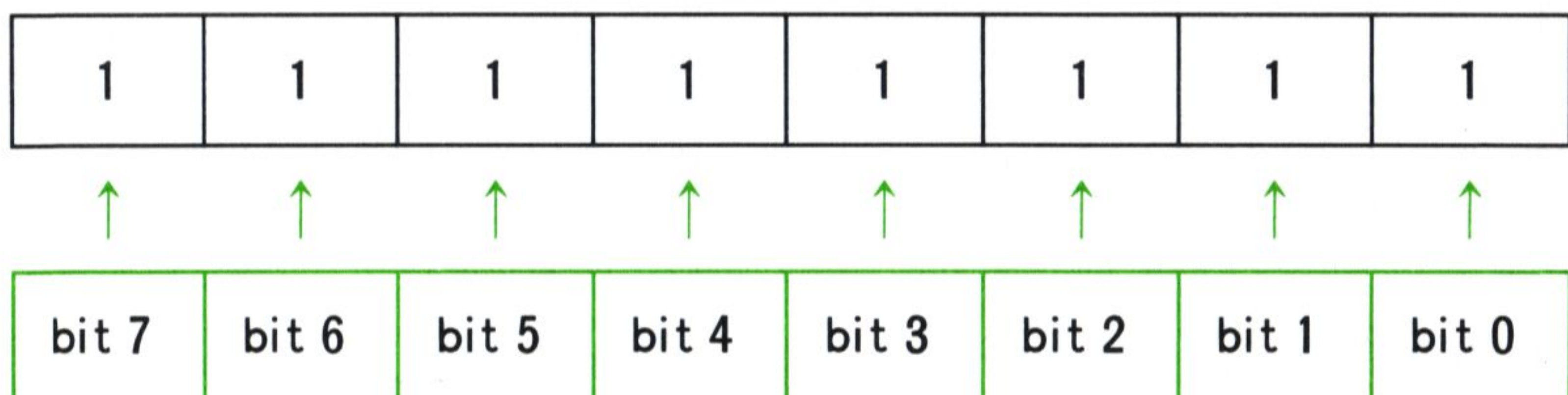
まず、2進数を16進数へ変換することからはじめます。

2進数を16進数へ変換する

私たちが使っているパソコンは、8ビット(1バイト)をひとつの単位として扱っています。

2進数の8ビット(1バイト)を図に示すと、つぎのようになります。

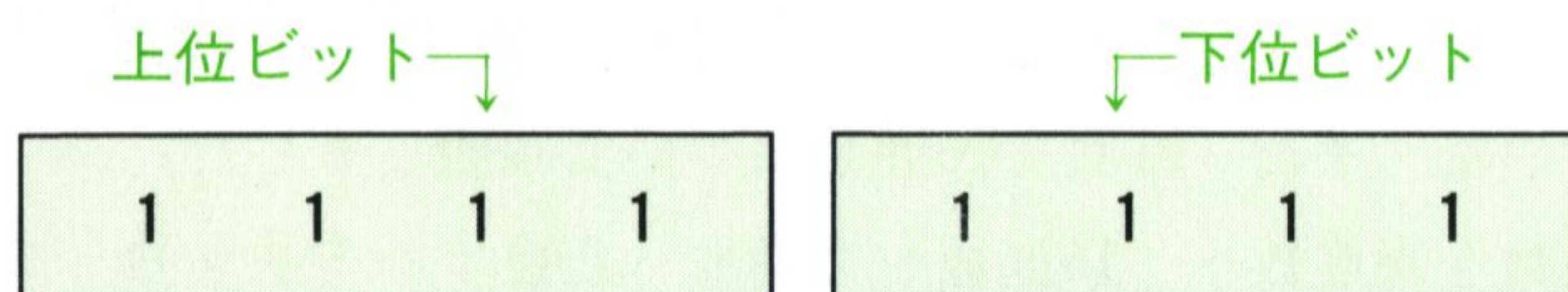
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

つまり、8ビットの2進数11111111(10進数の255)を例にとると、

1	1	1	1	1	1	1	1
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

右端の最下位ビットから最上位ビットに向かって、bit(ビット)0、bit 1、bit 2と呼ばれるということです。

さらに、このbit 0からbit 7までは、つぎに示すように、上位ビットと下位ビットの2つに分かれます。

上位ビット				下位ビット			
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

うえに示したように、上位ビット、下位ビットの2つに分けると、上位ビット、下位ビットともに4ビットずつになります。つまり、つぎに示すように、4ビットずつの2進数になるということです。

上位ビット	下位ビット
1　1　1　1	1　1　1　1

4ビットずつの2進数になる

4ビットの2進数は、1桁の16進数です。したがって、1桁の16進数を上位ビット、下位ビットにあてはめます。

この場合必要になるのが、4ビットの2進数の16進数対応表です。4ビットの2進数の16進数対応表は93頁に示してありますが、便宜上つぎに示します。

10進数	16進数	2進数
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

bit0, bit4
bit1, bit5
bit2, bit6
bit3, bit7

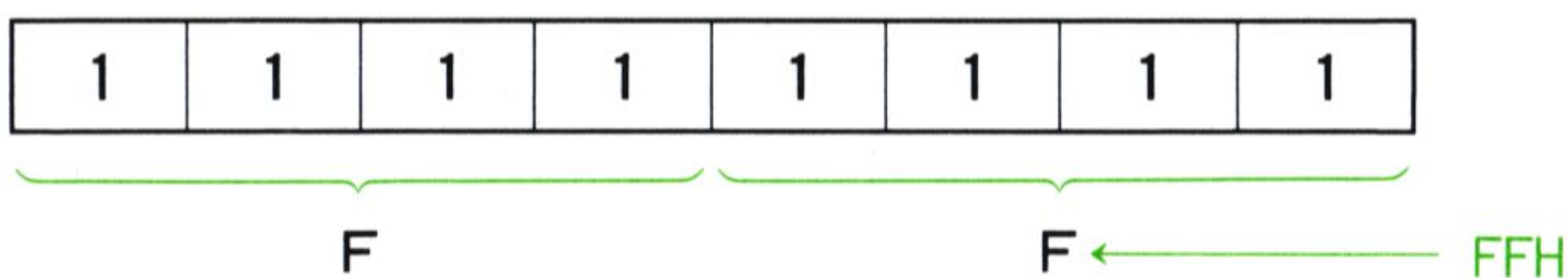
なぜ0011が10進数の3を表わすのかなどは81頁の2進数の表わし方で説明しています。

さて、4ビットの2進数の16進対応表のなかから、上位4ビットの１１１１と、下位ビットの１１１１にあてはまる1桁の16進数を捜します。

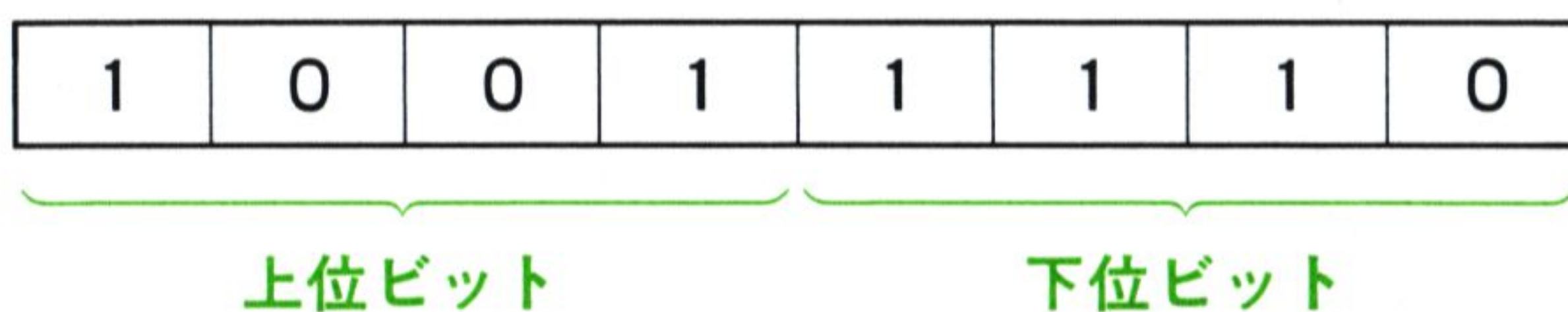
この対応表は、表の下に示しているように、4ビットの2進数の右端がbit 0とbit 4の両方になります。つぎが、bit 1とbit 5、そのつぎがbit 2とbit 6、最後がbit 3とbit 7となります。つまり、上位ビット、下位ビットの区別なく、この4ビットの2進数が、1桁の16進数に対応しているということです。

したがって、上位ビットの１１１１も、下位ビットの１１１１も、おなじように1桁の16進数はFとなります。そこで、この1桁の16進数Fを、つぎのように上位ビット、下位ビットにあてはめます。

1	1	1	1	1	1	1	1

F　　F ← FFH

これで、8ビットの2進数11111111を16進数へ変換することができたわけです。つまり、8ビットの2進数11111111は、2桁の16進数でＦＦＨ（10進数で255)になります。ＦＦのつぎのＨは、16進数を表わす記号で、10進数と区別するために、16進数を表わすときは、Ｈをつけることになっています。

では、もうひとつ8ビットの2進数を、16進数に変換しておくことにします。

1	0	0	1	1	1	1	0

上位ビット　　下位ビット

8ビットの2進数10011110を上位ビット、下位ビットの2つに分けると、上位ビットは１００１、下位ビットは１１１０となります。上位ビットの１００１にあてはまる1桁の16進数をさきの対応表でみると9です。下位ビットの１１１０はＥです。

そこで、この1桁の16進数9とＥを、上位ビット、下位ビットにそれぞれあてはめます。

1	0	0	1	1	1	1	0

9　　E ← 9EH

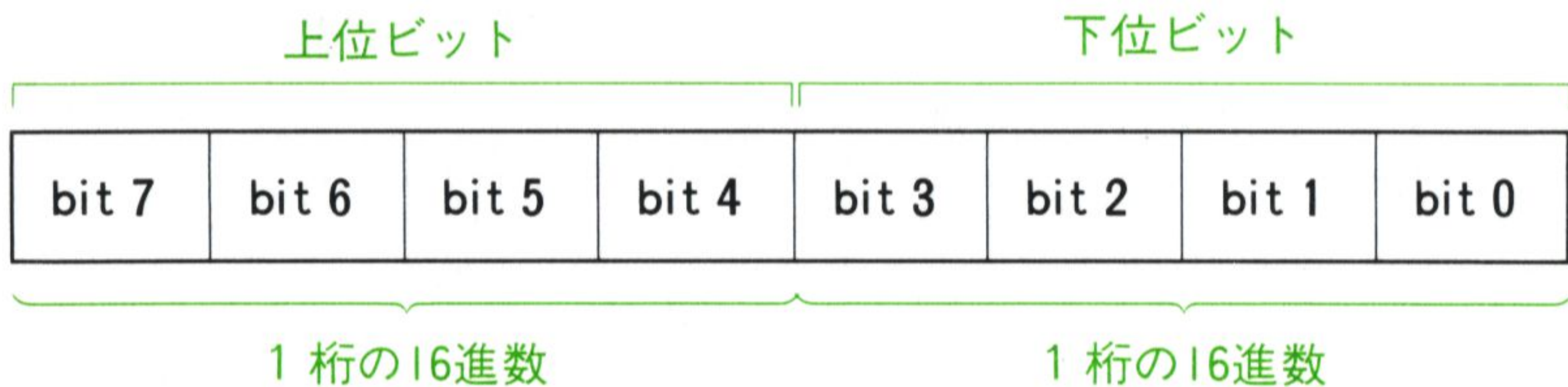
したがって、8ビットの2進数10011110は、2桁の16進数では９ＥＨ（10進数では158）ということになります。

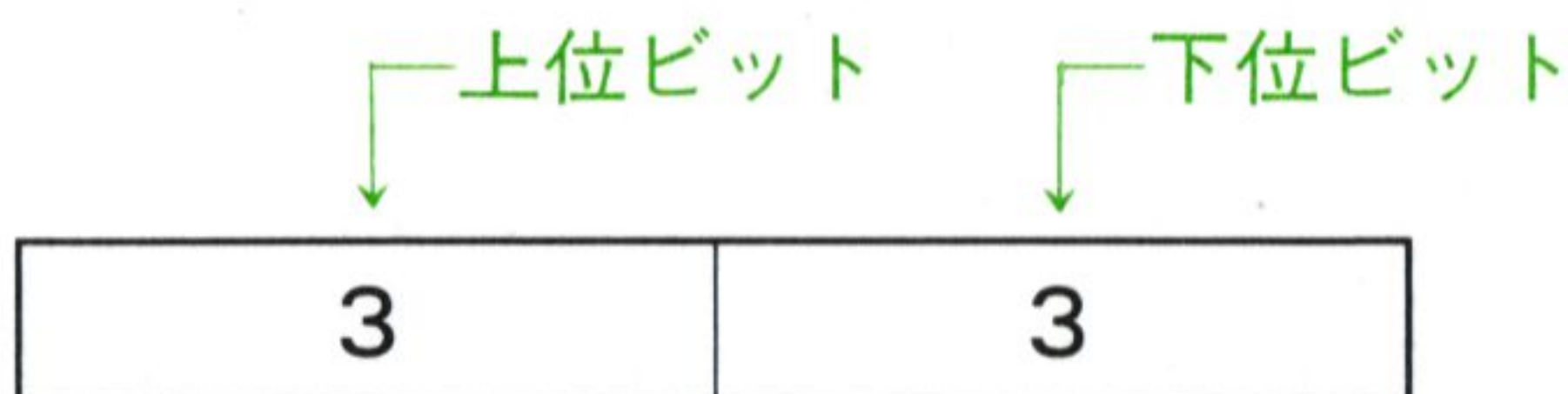
これが、2進数を16進数に変換する方法です。

16進数を2進数へ変換する

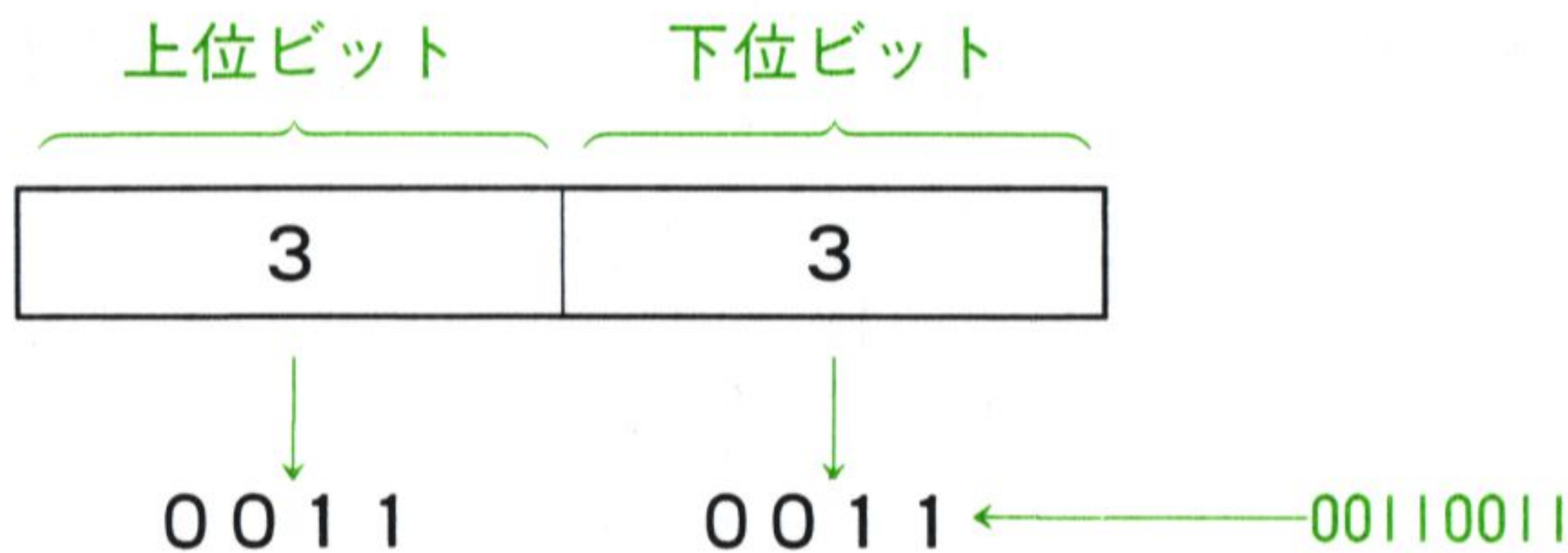
これまで、2進数を16進数へ変換する方法について説明してきました。16進数を2進数に変換するには、2進数を16進数に変換するのと、逆のことを行えばよいわけです。

8ビットの16進数は、つぎに示すように、上位ビットの1桁の16進数と、下位ビットの1桁の16進数の2桁で表わされます。

上位ビット				下位ビット			
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
1桁の16進数				1桁の16進数			

したがって、16進数を2進数に変換するには、上位ビットの1桁の16進数にあてはまる4ビットの2進数と、下位ビットの1桁の16進数にあてはまる4ビットの2進数を、さきに示した対応表から捜し出して、それぞれにあてはめればよいのです。

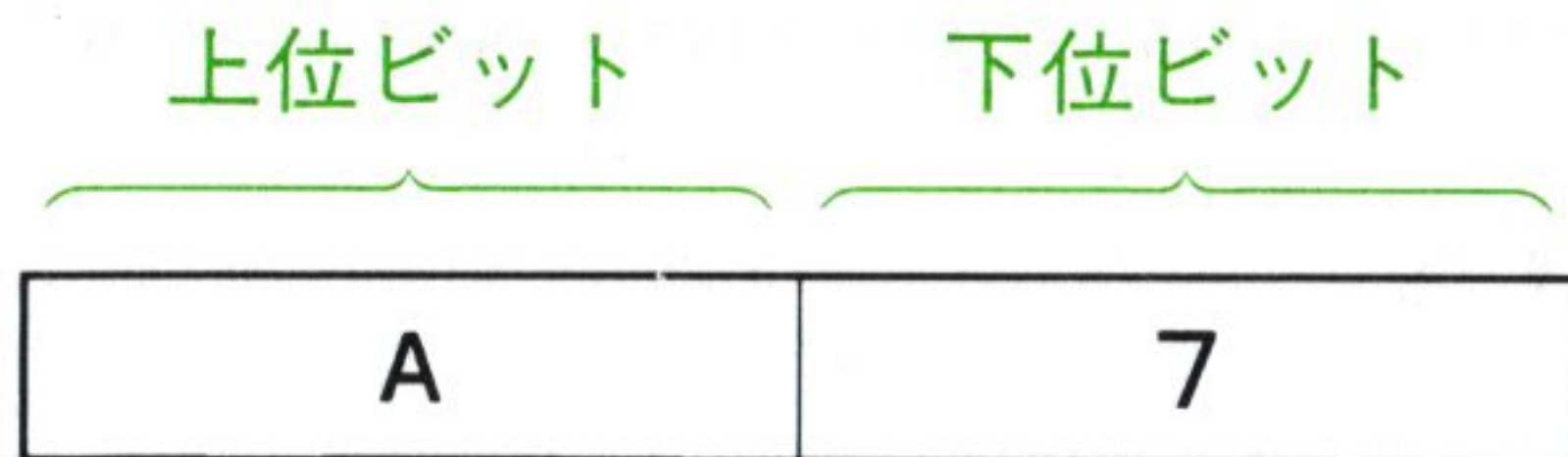
では、16進数33（10進数で51）を2進数に変換してみることにします。

上位ビット	下位ビット
3	3

16進数33を、上位ビットと下位ビットの2つに分けると、上位ビット、下位ビットとも3Hです。そこで、3Hにあてはまる4ビットの2進数を、さきの対応表でみると0011です。この0011を、上位ビット、下位ビットの3Hにあてはめます。

上位ビット	下位ビット
3	3
↓	↓
0011	0011 ←―― 00110011

したがって16進数33は、2進数で00110011ということになります。

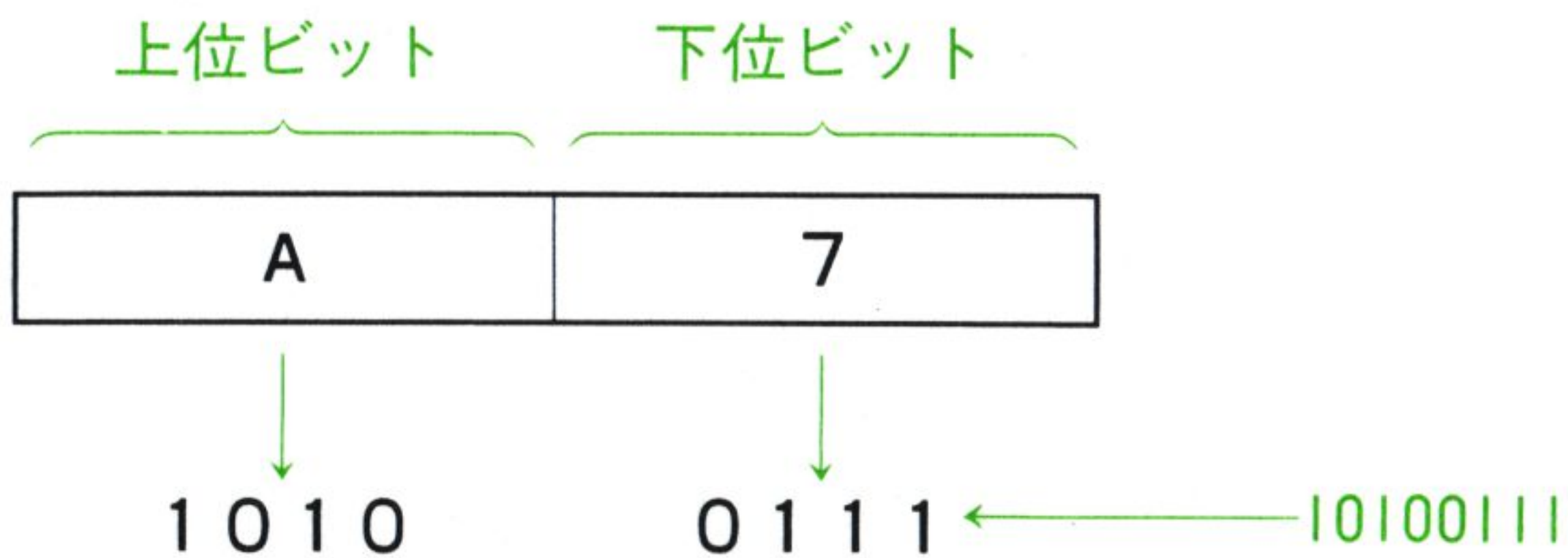
ではもうひとつ、16進数A7（10進数で167）を2進数に変換しておくことにします。

上位ビット　下位ビット

A	7

上位ビットＡＨにあてはまる4ビットの2進数をさきの対応表でみると１０１０です。下位ビット７Ｈをさきの対応表でみると０１１１です。そこで、１０１０を上位ビットに、０１１１を下位ビットにあてはめます。

上位ビット　下位ビット

A	7

↓　↓

1010　0111 ←―― 10100111

したがって、16進数Ａ７は、2進数で10100111ということになります。

以上が16進数を2進数に変換する方法です。

2進数を10進数へ 10進数を2進数へ変換するには

ビット番号にふられた値に基づいて変換する

97頁で２進数を16進数へ、16進数を２進数へ変換する方法について説明しました。ここでは、２進数を10進数へ変換する方法と、10進数を２進数へ変換する方法について説明します。まず、２進数を10進数に変換する方法です。

２進数を10進数に変換する

８ビットの２進数には、つぎに示すように、bit 0からbit 7までのビット番号がついています。そして、それぞれのビット番号に１、２、４、８、16、32、64、128の値をふります。

⑫⑧ ↓	⑥④ ↓	③② ↓	⑯ ↓	⑧ ↓	④ ↓	② ↓	① ↓
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

ビット番号に置かれている値は、84頁で説明している８ビットの２進数の表わし方で、つぎのようにメモリを刻んで、そのメモリにふった値とおなじです。この場合は、メモリをビット番号に変更しているだけです。

```
128     64      32      16      8       4       2       1
+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+
```

２進数を10進数に変換する場合は、このビット番号にふられた値に基づいて行います。では、２進数11111111を10進数に変換することにします。２進数11111111をビット番号にあてはめると、つぎのようになります。

1	1	1	1	1	1	1	1
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
⑫⑧	⑥④	③②	⑯	⑧	④	②	①

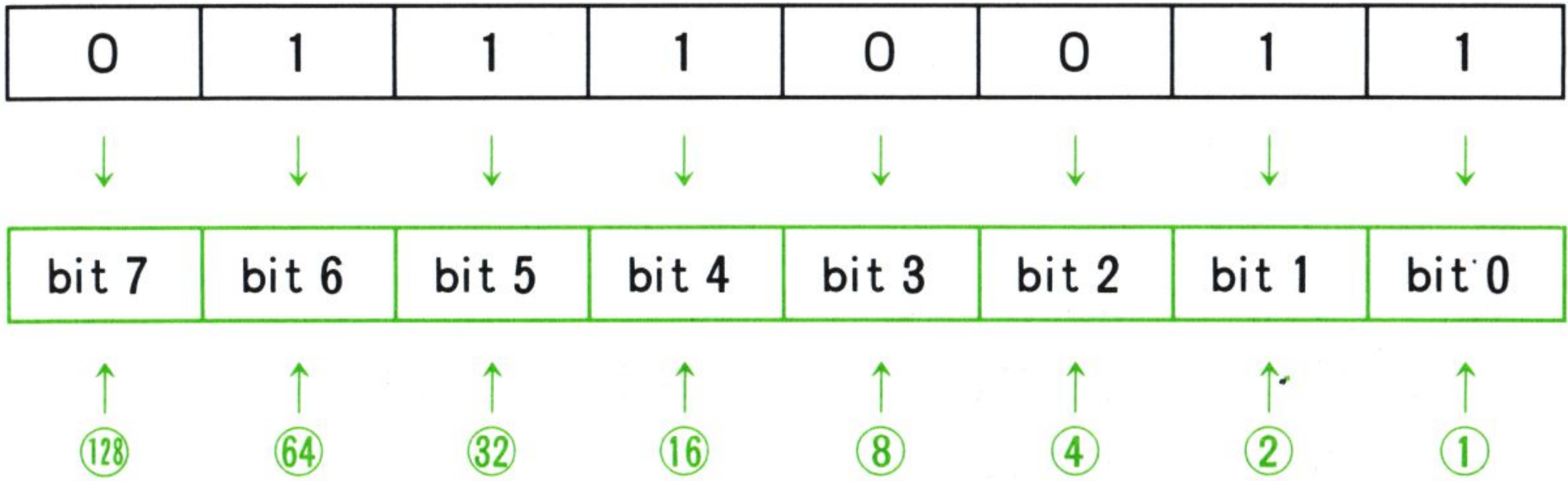
2進数11111111の場合は、すべてのビット番号に1が置かれていますから、それぞれのビット番号にふられている値を足します。

128＋64＋32＋16＋8＋4＋2＋1＝255

したがって2進数11111111は、10進数で255ということになります。

この場合は、11111111なので、全部のビット番号に1が置かれましたが、ビット番号に1ではなくて0が置かれた場合は、0が置かれたビット番号の値を0にして足します。つぎに、その例を示します。

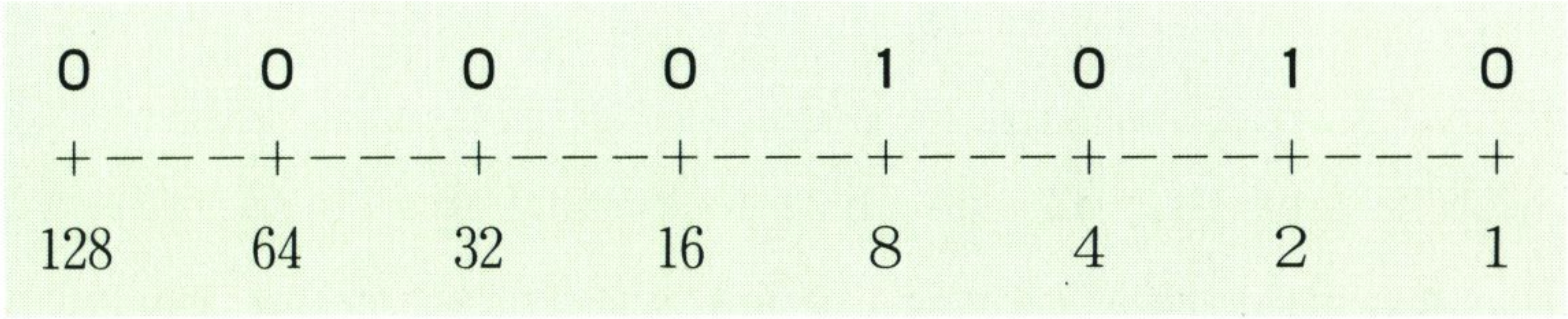
では、2進数01110011を10進数に変換してみることにします。2進数01110011を、ビット番号にあてはめると、つぎのようになります。

0	1	1	1	0	0	1	1
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
⑫⑧	⑥④	③②	⑯	⑧	④	②	①

この場合、0が置かれているビット番号の値は0にしますから、ビット番号2が0、ビット番号3が0、ビット番号7が0になります。したがってつぎのようにして足すことになります。

0＋64＋32＋16＋0＋0＋2＋1＝115

もちろん、64＋32＋16＋2＋1でもかまいません。

つぎに、ビット番号をいちいち使っていたのではめんどうなので、さきに示したメモリを使って、2進数00001010を10進数に変換してみることにします。メモリにふられている値は、さきの場合とおなじです。まず、2進数00001010を、つぎのようにメモリに置きます。

```
 0    0    0    0    1    0    1    0
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

そして、1が置かれているメモリの値を足します。

8＋2＝10

2進数00001010は、10進数の10ということになります。

以上が、2進数を10進数に変換する方法です。

2進数を10進数に変換する方法は、ほかにむずかしい方法があります。たとえば、つぎのように計算して、2進数を10進数に変換する方法です。

$$1\times2^6+0\times2^5+0\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0$$

このようなむずかしい方法を、なにも好んで使うことはないので、この方法については説明を省略します。

10進数を2進数に変換する

さてつぎに、10進数を2進数に変換する方法です。

10進数を2進数に変換するには、2進数を10進数を変換したことと、逆のことを行えばいいのです。ここでは、ビット番号の代わりにメモリを使います。メモリにふる値は2進数を10進数に変換したときとおなじ値です。

```
+---+---+---+---+---+---+---+---+
128  64  32  16   8   4   2   1
```

では、このメモリを使って、どのように10進数を2進数に変換するのか、具体的に10進数を2進数に変換して説明することにします。まず、10進数27を2進数に変換します。メモリには、27という値はふられていませんから、27を越えないで最も大きい値を、メモリにふられている値のなかから選びます。すると、16ということになりますから、16の値のメモリに1を置きます。

```
            1
+---+---+---+---+---+---+---+---+
128  64  32  16   8   4   2   1
```

27から16を引くと残りは11です。11という値はメモリにふられていませんから、11を越えないで最も大きい値を、メモリにふられている値のなかから選びます。すると8ということになりますから、8の値のメモリに1を置きます。

```
            1   1
+---+---+---+---+---+---+---+---+
128  64  32  16   8   4   2   1
```

11から8を引いた残りは3です。2と1を足せば3になりますから、2と1の値のメモリに1を置きます。

```
            1   1       1   1
+---+---+---+---+---+---+---+---+
128  64  32  16   8   4   2   1
```

1が置かれていない値のメモリのところには、0が置かれます。したがって、つぎのようになります。

```
 0    0    0    1    1    0    1    1
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

つまり10進数の27を2進数に変換すると、00011011ということになります。

10進数を2進数に変換する方法は、もう理解できたことと思いますが、もう幾つかの例で10進数を2進数に変換してみます。

ではつぎに、10進数125を2進数に変換します。メモリには125はふられていませんから、メモリにふられている値のなかから、125を越えないで最も大きい値を選びます。すると64ということになりますから、64の値のメモリに1を置きます。

```
      1
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

125から64を引くと、残りは61です。61という値はメモリにふられていませんから、61を越えないで最も大きい値を選びます。すると32ということになりますから、32の値のメモリに1を置きます。

```
      1    1
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

61から32を引くと、残りは29です。29という値はメモリにふられていませんから、29を越えないで最も大きい値を選びます。すると16となりますから、16の値のメモリに1を置きます。

```
      1    1    1
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

29から16を引くと、残りは13です。ここまでくれば、あとは簡単です。メモリにふられている値のなかから、合計して13になる値を選び出して、その値のメモリに1を置けばよいわけです。8と4と1を足すと13になりますから、8と4と1の値のメモリに1を置きます。1が置かれないメモリのところは0を

置きます。したがって、つぎのようになります。

```
 0    1    1    1    1    1    0    1
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

つまり10進数125を2進数に変換すると、01111101ということになります。

では最後に、10進数240を2進数に変換することにします。240という値はメモリにふられていませんから、最も大きい128に1を置きます。

```
 1
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

240から128を引くと、残りは112です。112という値はメモリにふられていませんから、つぎに64の値のメモリを選んで1を置きます。

```
 1    1
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

112から64を引くと、残りは48です。48という値はメモリにふられていませんから、つぎは32の値のメモリを選んで1を置きます。

```
 1    1    1
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

48から32を引くと、残りは16です。16という値はメモリにふられていますから、16の値のメモリに1を置きます。1が置かれないメモリには0を置きます。

```
 1    1    1    1    0    0    0    0
 +----+----+----+----+----+----+----+
128   64   32   16   8    4    2    1
```

つまり10進数240を2進数に変換すると、11110000ということになります。

この10進数を2進数に変換する方法は、慣れていないと、ちょっとまごつくかもしれませんが、慣れれば非常に簡単な方法です。10進数を2進数に変換する方法で、これ以上簡単で、わかりやすい方法はありませんから、使って慣れることです。

マシン語のプログラムを書くには

アセンブリ言語、アセンブル、アセンブラ

私たちにとってのマシン語は、2進数ではなくて16進数です。したがってマシン語のプログラムは、つぎのように16進数で書かれたプログラムをいいます。

3E　E9　32　E4　F6　76

このマシン語のプログラムは、わずか6バイトですが、これでも、あることを行うマシン語のプログラムです。どんなことをさせるマシン語のプログラムか、ベーシックのプログラムで示します。

```
10 LOCATE 18.8
20 PRINT "♥"
30 END
```

ベーシックのプログラムを見ればわかるように、画面の列番号18、行番号8の位置に、ハートを表示するプログラムです。

ところで、このマシン語のプログラムが6バイトでできているというのは、16進数2桁が1バイト（8ビット）で、それが6個あるからです。また、16進数2桁ずつで、マシン語のプログラムを書いていくのは、パソコンが1バイト、つまり8ビットをひとつの単位として扱っているからです。

まず、アセンブラでプログラムを書く

さて、うえに示したようなマシン語のプログラムを書く場合、直接、16進数で書いていくわけではありません。うえに示した、わずか6バイトのマシン語のプログラムを見ただけでもわかるように、直接、16進数だけを並べて書くなどということは、とてもできるものではないからです。

では、どのようにしてマシン語のプログラムを書くのでしょうか。

まず、アセンブリ言語というものを使ってプログラムを書きます。

アセンブリ言語は、マシン語を私たちにわかりやすくした言語で、マシン語のひとつひとつの命令の意味を、英語の略語で表わしたものです。

このアセンブリ言語でプログラムを書いてから、それを、16進数を使ってマシン語のプログラムに書きなおします。

ではつぎに、前に示したマシン語のプログラムのもとになる、アセンブリ言語で書いたプログラムを示します。

```
LD  A, E9H
LD  (F6E4H), A
HALT
```

これが、アセンブリ言語で書いたプログラムです。

アセンブルは、アセンブリ言語をマシン語になおすこと

さて、このアセンブリ言語で書いたプログラムを、マシン語のプログラムになおすわけですが、マシン語のプログラムに書きなおすことを**アセンブル、アセンブラ**といいます。**アセンブル**とは、アセンブリ言語で書いたプログラムを、手作業でマシン語のプログラムに書きなおすことをいいます。**アセンブラ**とは、アセンブリ言語で書いたプログラムを、マシン語に翻訳するプログラムを使って、マシン語のプログラムに書きなおすことをいいます。

私たちがこの本で、アセンブリ言語で書いたプログラムを、マシン語のプログラムに書きなおすのは、アセンブルです。つまり、手作業でマシン語になおしていくということです。

アセンブルには、Z－80アセンブル表が必要

アセンブリ言語をマシン語になおす、つまりアセンブルを行うのに必要なものがあります。それはZ－80アセンブル表です。Z－80アセンブル表は、アセンブリ言語で書いたプログラムを、どのようなマシン語にアセンブルするかを指示したものです。アセンブルを行うときは、このZ－80アセンブル表にしたがって行います。Z－80アセンブル表は、この本の巻末に掲載してあります。

さきに示したアセンブリ言語のプログラムの説明、アセンブルの仕方、またZ－80アセンブル表の活用の仕方については、つぎの頁から、ひとつひとつ説明していきます。したがって、ここではマシン語のプログラムを書く場合に必要とする事柄をおぼえておいてください。

画面への表示

LDは、ベーシックのLETとおなじ働き

画面にキャラクタを表示する場合、ベーシックでは、つぎに示すように、PRINT文だけですみます。

```
10 PRINT "♥"
20 END
```

マシン語の場合は、このように簡単にはいきません。

```
LD  A, E9H
LD  (F300H), A
HALT
```

これが、ハートを画面に表示するプログラムです。このプログラムはアセンブリ言語で書かれています。このように、アセンブリ言語でプログラムを書いてから、つぎにZ－80アセンブル表を使ってアセンブルするわけですが、そのまえに、アセンブリ言語の命令を知っていなければなりません。

LDは、ロード命令という

うえに示したアセンブリ言語のプログラムの1行目と、2行目の最初にLDとあります。**LD**は命令で、**ロード命令**といいます。

LD命令は、つぎのような形をしています。

```
LD X1, X2
```

LD命令は、ベーシックの命令でいうと、LET命令ということができます。ベーシックのLET命令は、現在では使わなくてもよいので、LET命令を知らない人もいるかも知れませんが、LET命令は、つぎに示すように、

```
LET  X1=X2
```

＝の右側にあるX2を、＝の左側のX1に代入する働きをします。

したがって、ＬＤ命令も、つぎに示すように、

ＬＤ　Ｘ１←Ｘ２

Ｘ２をＸ１に代入する働きをします。

Ａは、Ａレジスタ

さて、ＬＤ命令は、Ｘ１にＸ２を代入する命令であることがわかりました。したがって、１行目の場合は、

ＬＤ　Ａ，Ｅ９Ｈ

ですから、ＡへＥ９Ｈを代入するということになります。

ではつぎは、このＡです。マシン語では変数を使いません。変数でないとすると、Ａはなんでしょうか。Ａは、CPUにあるＡレジスタのことです。

CPUには、Ａレジスタのほかに、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅ、Ｈ、Ｌのレジスタがあります。CPUにあるこれらのレジスタは、CPUに取り込んだ命令やデータなどの情報を、一時記憶しておく場所です。

レジスタ＝CPUに取り込んだ情報を一時記憶しておく場所

また、レジスタは、記憶しておくことできる情報量が決まっています。Ａレジスタは、８ビット・レジスタです。したがって、８ビットの情報を、一時記憶します。

Ａレジスタ＝８ビット・レジスタ

このように、Ａレジスタは８ビット・レジスタと決まっていますから、

ＬＤ　Ａ，１２Ｈ

とすることはできても、つぎのようにはできません。

ＬＤ　Ａ，１２３４Ｈ

なぜ、このようにすることができないかわかると思いますが、1234Ｈは２バイト、つまり、16ビットだからです。

８ビット（１バイト）＝16進数２桁

ところで、Ａレジスタ以外のＢ、Ｃ、Ｄ、Ｅ、Ｈ、Ｌレジスタは、ひとつひとつの場合は８ビット・レジスタですが、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅ、Ｈ、Ｌレジスタは２つ組み合せることができますから、２つ組み合せて、16ビット・レジスタとして使うことができます。

このことは、あとで説明することにします。

E９Hは、ハートのキャラクタコード

では、E９Hです。E９Hは、ハートのキャラクタコードです。

E９H＝ハートのキャラクタコード

キャラクタコード表をみると、ハートの上位ビットはE、下位ビットは９、となっています。つまり、E９です。16進数は、10進数と区別するため、16進数のあとには、Hをつけることになっていますから、E９Hとなるわけです。これまで説明してきたことから、１行目の意味は、

LD A, E9H

Aレジスタにハートのキャラクタコード E ９ H を代入する

ということになります。

LD (F300H), Aとは

では、２行目です。

LD (F300H), A

LD命令は、LD X１，X２という形で、X２をX１に代入するという命令です。この場合、X１が（F３００H）で、X２がAですから、Aレジスタに記憶されているものを（F３００H）に代入するということになります。

この場合は、Aレジスタには、１行目でハートのキャラクタコードE９Hを代入しました。したがって、Aレジスタに記憶されているハートのキャラクタコードE９Hを（F３００H）に代入するということになります。

さて、（F３００H）とはなんでしょうか。カッコのなかのF３００Hは、Hがついているので、16進数であるということはわかります。また、16進数は２桁が１バイト（８ビット）ですから、

(F300H)

は、２バイトの16進数です。

LD命令のすぐあとに、

LD (F300H), A

と、カッコで囲まれた２バイト（４桁）の16進数が置かれたときは、その２バイト（４桁）の16進数は、メモリ番地を示しています。

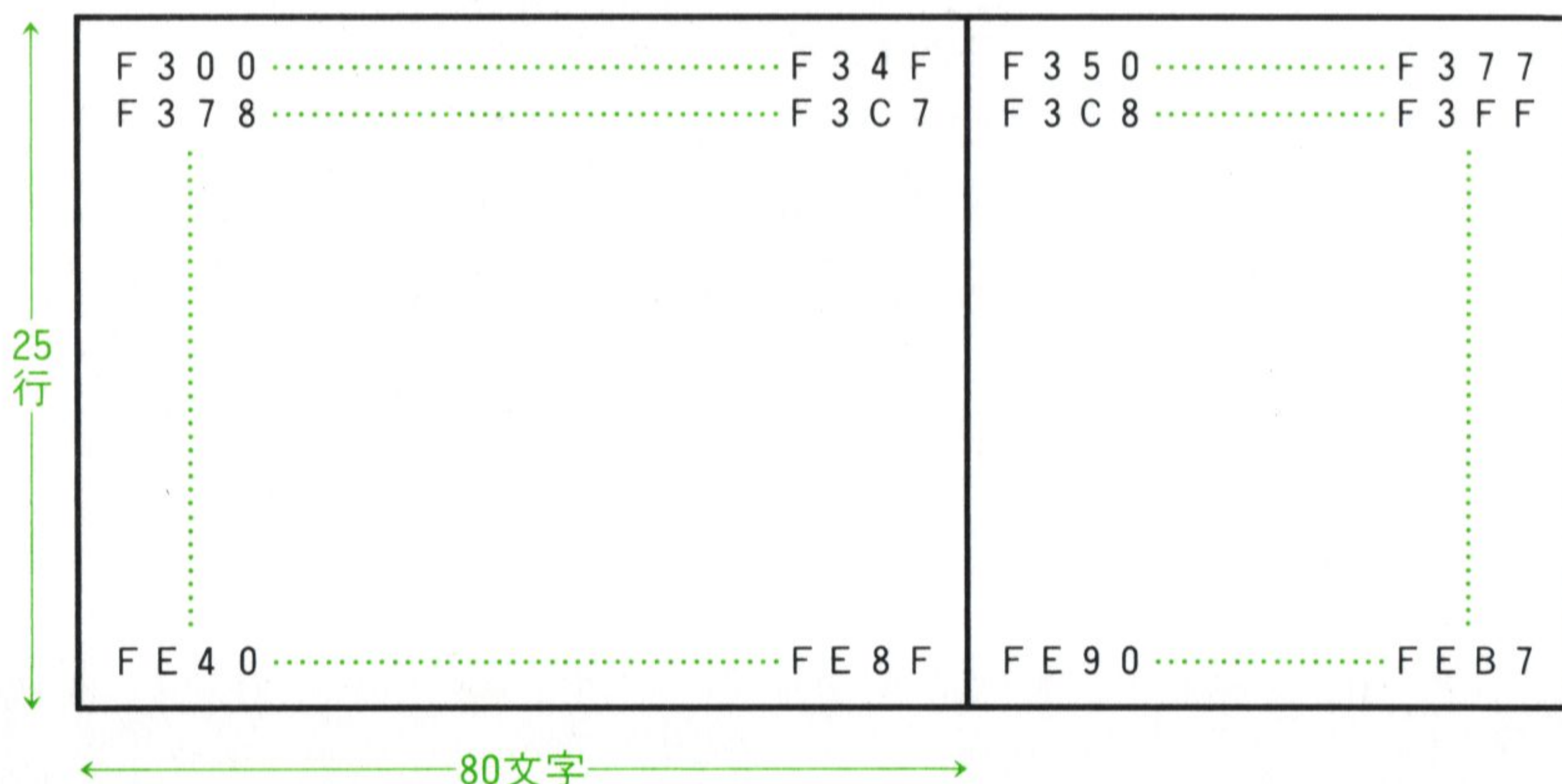
２バイトの16進数がメモリ番地を示しているとすると、つぎは、F３００番地がどこにあるかが問題となります。

F300番地は、VRAMの一番最初のメモリ番地です。つまり、画面で見ると、つぎの図に示すように、画面の一番左端上です。

VRAMの構造(PC-8001)

F300 ……… F34F	F350 ……… F377
F378 ……… F3C7	F3C8 ……… F3FF
⋮	⋮
FE40 ……… FE8F	FE90 ……… FEB7

25行

80文字

つまり、LD命令の右側のカッコのなかに、VRAMのメモリ番地を指定して、Aレジスタに記憶されているものを代入すると、ハートが指定されたVRAMのメモリ番地に表示されることになります。

これまで、説明してきたことから、2行目の意味は、

LD (F300H), A

Aレジスタに記憶されているハートを、F300番地に表示する

ということになります。

VRAMのひとつひとつのメモリ番地を、表にして巻末に示しました。

HALTは、END

HALTは、154頁で説明しているように、ベーシックのENDとおなじです。ただし、ベーシックの場合はENDを省略することができますが、マシン語の場合は省略することができません。HALTを省略するとエラーになりますから注意してください。

パソコンがHALTを実行すると、HALTを実行したところで、CPUの働きが停止します。

HALTを実行して、CPUが停止したときは、どんなキーを叩いても無駄です。その場合は、リセットボタンを押します。リセットボタンを押すと、パソコンは電源を入れた最初の状態に戻ります。

このリセットボタンを押すと、メモリに記憶されているベーシックのプログラムは消滅してしまいますが、マシン語はメモリに記憶されたまま残っています。したがってふたたびマシン語のプログラムを実行させることができます。

アセンブリ言語をマシン語になおす

アセンブリ言語の意味が理解できたところで、アセンブリ言語で書いたプログラムをマシン語になおします。つまり、アセンブルです。アセンブルは、Z−80アセンブル表にもとづいて行っていきます。Z−80アセンブル表は、巻末に示してあります。したがって、巻末のZ−80アセンブル表を見ながら、アセンブルすることになります。では、1行目のアセンブルです(246頁参照)。

LD　A, E9H

この場合は、アセンブル表の8ビットのところを見ます。1行目の欄は×となっていて、その右側にいろいろな項目が示されています。そのつぎの欄は、LD　A, ×となっています。LD　A, E9というように、LDのつぎがAの場合は、LD　A, ×の欄を使います。LD　A, ×の×には、1行目の欄に並んでいる項目のなかからあてはまるものを選び出します。

この場合は、LD　Aのあとが E9というように1バイトの数ですから、nの項ということになります。nは、1バイトの数であることを示しています。

そこで、LD　A, ×とnの交わったところをみます。

LD　A, ×とnの交わったところには、

3E　n

とあります。このnには、1バイトの数E9Hをそのままあてはめますから、

LD　A, E9H

⬇

3E　E9

というように、アセンブルされます。つぎは、2行目のアセンブルです。

LD　(F300H), A

この場合は、LDのあとにカッコで囲まれたメモリ番地、つまり2バイトの数がきますから、8ビットのZ−80アセンブル表のLD(nn), ×の欄を使います。nは1バイトの数を示し、nnは2バイトの数を示しています。

LD　(nn), ×の×は、この場合はAですから、LD　(nn), ×とAが交わったところをみます。そこには、

32　nn

とあります。このカッコのなかのｎｎには、2バイトの数Ｆ３００Ｈをそのままあてはめますから、

LD　(F300H), A

⬇

32　00　F3

というように、アセンブルされます。

なにか変だと思わなかったでしょうか。カッコのなかのＦ３００Ｈをアセンブルしたとき、００　Ｆ３としました。

F300

⬇

00　F3

パソコンに使われているCPUがＺ－80CPUの場合、数が２バイトのときは、下位１バイト（下２桁）がさきに、上位１バイト（上２桁）があとと決まっています。したがって、つぎのように、

F300

⬇

F3　00

とアセンブルすると、Ｆ３００という数とは異なる００Ｆ３という数になってしまいます。この場合は、００Ｆ３というメモリ番地はありませんから暴走することになります。したがって、２バイトの数をアセンブルするときは、必ず、下位１バイトをさきに、上位１バイトをあとにするようにしなければなりません。最後は、３行目のHALTです。HALTは、CPUコントロール（247頁参照）のところを見ます。

HALT

⬇

76

ですから、HALTは、７６とアセンブルされます。

つぎに、アセンブルしたプログラムをまとめて示します。

```
3E  E9
32  00  F3
76
```

メモリ上に割りつける

アセンブルが終わったら、マシン語をメモリ上に割りつけます。つまり、何番地のメモリから入力するか決めるわけです。この場合は、Ｄ０００番地から割りつけることにします。

したがって、右の表のようになります。

メモリ番地	マシン語
Ｄ０００	３Ｅ
Ｄ００１	Ｅ９
Ｄ００２	３２
Ｄ００３	００
Ｄ００４	Ｆ３
Ｄ００５	７６

つぎに、このマシン語をＤ０００番地から入力して、実行した結果を示します。

実行結果

```
♥ ←――― F300番地にハートを表示する

mon
*GD000 ←――― 実行命令
```

つぎに、このマシン語のダンプリストを示します。

```
D000 3E E9 32 00 F3 76 FF FF
```

あるメモリ番地からあるメモリ番地へジャンプさせるには

JPは、ベーシックのGOTO

109頁で、つぎに示すマシン語のプログラムで、画面にハートを表示しました。

アセンブリ言語	マシン語
LD A, E9H	3E E9
LD (F300H), A	32 00 F3
HALT	76

このマシン語のプログラムでは、最後がHALTで終わっているので、プログラムを実行させたあと、いちいちパソコンのリセットボタンを押して、ベーシックのコマンド・レベルに戻しました。これでは、ふたたびマシン語のコマンド・レベルにするとき、MON命令を入力しなければならないので非常にめんどうです。そこで、プログラムを実行させたあと、ふたたびマシン語のコマンドが受けつけられるようにします。

そうするには、マシン語のコマンドを受けつけるマシン語モニタに戻さなければなりません。マシン語のコマンドを受けつけるマシン語モニタは、5C66番地に記憶されているので、プログラムの最後のメモリ番地から、5C66番地にジャンプさせます。つまりベーシックで、ある行番号のステートメントから、ある行番号のステートメントにジャンプさせるのとおなじです。

この場合、ベーシックでは、GOTO命令を使いますが、マシン語ではJP命令を使います。

JP命令は、無条件ジャンプ

JP命令は、ジャンプ命令といいます。JP命令は、ベーシックのGOTO命令とおなじ働きですから、無条件ジャンプです。

JP命令の形は、つぎのような形をしています。

```
JP nn
```

JP命令のあとのnnには、ジャンプさきのメモリ番地を書きます。nは1バイト、nnは2バイトですから、4桁の16進数を示しています。なぜ2バイトの16進数なのかわかっていると思いますが、メモリ番地は、すべて2バイトだからです。

このように、JP命令のあとに2バイトの16進数、つまりメモリ番地を書くと、そのメモリ番地に無条件にジャンプします。

JP命令で、マシン語モニタに戻す

では、さきに説明したように、ふたたびマシン語のコマンドが受けつけられるように、JP命令を使ってマシン語モニタにジャンプさせることにします。

ここでは、画面の真中にダイヤを表示させることにします。画面の真中にダイヤを表示させるプログラムをベーシックで書くと、つぎのようになります。

```
10 LOCATE 18,8
20 PRINT "♦"
30 END
```

では、これをアセンブリ言語で書きます。

109頁でハートを画面に表示しました。ここではハートではなくてダイヤですから、ハートをダイヤに変えます。したがってダイヤを画面に表示するには、まずLD命令を使って、Aレジスタにダイヤのキャラクタコード EAHを代入します。キャラクタコードの調べ方は、254頁を参照してください。

LD A, EAH

つぎは、ＬＤ命令でAレジスタに記憶されているダイヤを、カッコのなかにVRAMのメモリ番地を指定して代入します。

この場合は画面の真中ですから、250頁に示した横40文字のときのVRAMのメモリ番地表をみて、真中と思われるメモリ番地を選び出して、カッコのなかに書けばいいのですが、ベーシックのプログラムでは、列番号18、行番号8としましたから、それに合せてみることにします。この位置は、VRAMのメモリ番地表ではＦ６Ｅ４番地あたりですから、このＦ６Ｅ４番地を書きます。

LD (Ｆ６Ｅ４Ｈ), A

109頁のマシン語のプログラムでは、このあとHALT(END)でした。HALTに変えて、JP命令でマシン語モニタにジャンプさせます。マシン語モニタは

５Ｃ６６番地に記憶されています。したがって、JP命令のあとに５Ｃ６６番地を書けばよいわけです。

JP 5C66H

これでアセンブリ言語のプログラムができました。つぎに、これをアセンブルするわけですが、そのまえに、アセンブリ言語のプログラムを、まとめて示します。

LD A, EAH ←―――― Aレジスタにダイヤのキャラクタコード EAHを代入
LD (F6E4H), A ←―― Aレジスタの内容を、F6E4番地に代入
JP 5C66H ←―――― 5C66番地にジャンプ

アセンブリ言語をマシン語に直す

さて、アセンブルです。１行目と２行目は、109頁で説明したこととおなじです。つまり、１行目は、

LD A, EAH

です。ＬＤのあとにAがきたときは、アセンブル表のＬＤ Ａ, ×の欄を使います。またこの場合は、ＬＤ Ａ, のあとにＥＡＨという１バイトの16進数がありますから、ＬＤ Ａ, ×とｎが交わったところをみます。

3E n

ｎのところには、ダイヤのキャラクタコードを、そのままあてはめます。したがって、１行目は、

LD A, EAH

⬇

3E EA

とアセンブルされます。２行目は、

LD (F6E4H), A

というように、ＬＤのあとにカッコで括られた２バイトの16進数（メモリ番地）がきますから、LD (nn), ×の欄を使います。そして、LD (nn), のあとにはAがありますから、LD (nn), ×とＡの交わったところをみます。

32 nn

nnには、カッコのなかの２バイトの16進数をそのままあてはめますから、２行目は、

LD (F6E4H), A

⬇

32 E4 F6

というように、アセンブルされます。2バイトの場合は、下位バイトの4EHがさきに、上位バイトのF6Hがあとになります。さて、3行目です。

JP 5C66H

JPのマシン語はC3です。C3のあとには、2バイトのメモリ番地を書きますから、

C3 nn

となります。この場合、nnにはマシン語モニタのメモリ番地5C66Hを書きます。したがって、3行目は、

JP 5C66H

⬇

C3 66 5C

といったように、アセンブルされます。5C66Hは、下位バイト66Hがさきに、上位バイト5CHがあとになります。

つぎに、アセンブルしたプログラムをまとめて示します。

```
3E EA      ←―――― LD A, EAH
32 E4 F6   ←―――― LD (F6E4H), A
C3 66 5C   ←―――― JP 5C66H
```

メモリ上に割りつける

アセンブルが終わったら、マシン語をメモリ上に割りつけます。つまり、何番地のメモリ番地から入力するか決めるわけです。メモリ番地D000から入力する場合はD000番地から、マシン語をひとつひとつ置きます。また、C000番地から入力する場合はC000番地から、マシン語をひとつひとつ置きます。メモリ上の割りつけ方については、115頁を参照してください。

つぎに、D000番地から入力したマシン語のダンプリストを示します。

```
D000 3E EA 32 E4 F6 C3 66 5C
```

メモリ番地　マシン語

つぎに示すのが、実行結果です。＊GD０００のつぎに１行空白があって、そのつぎに＊印が表示されています。この＊印が、ダイヤを画面に表示したあと、JP命令で５C６６番地のマシン語のモニタにジャンプして表示した＊印で、ふたたびマシン語のコマンドを受けつけるための＊印です。

```
mon
*GD000

*■
```

実行結果

＊■ ←JP命令で5C66番地にジャンプして表示する

◆ ←LD (F6E4H), Aで表示する

ベーシックのコマンド・レベルに戻すには

マシン語のプログラムを実行したあと、ベーシックのコマンド・レベルに戻すには、つぎのように、さきのJP　５C６６Hを、JP　００００Hに変更します。つまり、JP命令で００００番地にジャンプさせます。

```
JP 5C66H          C3 66 5C
    ↓                 ↓
JP 0000H          C3 00 00
```

つぎに示すのが、JP ００００H（C３　００　００）に変更したダンプリストです。

```
D000 3E EA 32 E4 F6 C3 00 00
```

このようにすると、プログラムを実行してダイヤを表示したあと、つぎの実行結果に示すように、ベーシックのコマンド・レベルに戻ります。

```
NEC PC-8001 BASIC Ver 1.1
Copyright 1979 (C) by Microsoft

Ok
■
```

実行結果

JP命令で0000番地にジャンプさせると、電源を入れた状態に戻る

ただし、ベーシックのプログラムがマシン語のプログラムと一緒に入っている場合、JP命令で0000番地にジャンプさせると、ベーシックのプログラムは消滅してしまいます。したがって場合によっては、この方法では困ることがあります。マシン語のプログラム同様、ベーシックのプログラムも消滅させないで、ベーシックのコマンド・レベルに戻すには、つぎに説明する方法を使います。

ベーシックのプログラムをも消滅させない方法

さきのように、JP命令で0000番地にジャンプさせると、ベーシックのコマンド・レベルには戻りますが、ベーシックのプログラムは消滅してしまいます。マシン語のプログラムとともに、ベーシックのプログラムも消滅させないで、ベーシックのコマンド・レベルに戻すには、JP命令で0008番地にジャンプさせます。JP　0008Hをアセンブルすると、つぎのようになります。

JP　0008H

⬇

C3　08　00

では、実際にプログラムを実行させて、その様子をみてみることにします。つぎに示すベーシックとマシン語のプログラムはなんの関連もありませんが、このふたつを入力して、マシン語のプログラムを実行してみます。

```
10 PRINT "JP ﾃﾞ 0008 ﾊﾞﾝﾁﾍ ｼﾞｬﾝﾌﾟ"
D000 3E EA 32 E4 F6 C3 08 00
```

ベーシックのプログラムとマシン語のプログラムを入力したら、GD000（RETキー）で、マシン語のプログラムを実行させます。マシン語のプログラムの入力の仕方は、16頁を参照してください。

このマシン語のプログラムの終わりは、

　C3　08　00（JP　0008H）

で、JP命令で0008番地にジャンプさせていますから、マシン語のプログラムを実行させると、画面はつぎの実行結果に示すようになります。

実行結果

```
Ok
■
```

←JP命令で0008番地にジャンプさせるとOKとカーソルだけが表示される

この場合、ベーシックのプログラムは消滅していないので、LISTを入力すると、行番号10のベーシックステートメントが画面に表示されます。

おなじように、行番号10のベーシックステートメントと、まえの頁のJP命令で0000番地にジャンプするマシン語のプログラムを入力して、マシン語のプログラムを実行させます。マシン語のプログラムを実行すると、画面はまえの頁の実行結果に示したようになります。この場合は、LISTを入力しても、行番号10のベーシックステートメントは消滅していて表示されません。

画面の左から右へ複数個のキャラクタを表示する

基本的な加算命令 INC

ここでは、INC命令を説明するために、INC命令を使って、画面の左から右に複数個のキャラクタを表示させることにします。

109頁と116頁で、ＬＤ命令を使って、画面にハートとダイヤのキャラクタを表示しました。その場合は、まずＬＤ命令で、Ａレジスタにハートのキャラクタコード E９H、またはダイヤのキャラクタコード EAHを代入し、つぎに、VRAMのメモリ番地を指定して、ＬＤ命令で、指定したVRAMのメモリ番地にＡレジスタのE９H、またはEAHを代入して、画面に表示させました。

ハートを画面の左上に表示

```
LD   A, E9H
LD   (F300H), A
HALT
```

ダイヤを画面の真中に表示

```
LD   A, EAH
LD   (F6E4H), A
HALT
```

ハートやダイヤなどのキャラクタを複数個、画面に表示する場合も、ＬＤ命令を使って表示することができます。

たとえば、5個のハートを表示させるには、

アセンブリ言語	マシン語
LD A, E9H	3E E9
LD (F300H), A	32 00 F3
LD (F302H), A	32 02 F3
LD (F304H), A	32 04 F3
LD (F306H), A	32 06 F3
LD (F308H), A	32 08 F3
HALT	76

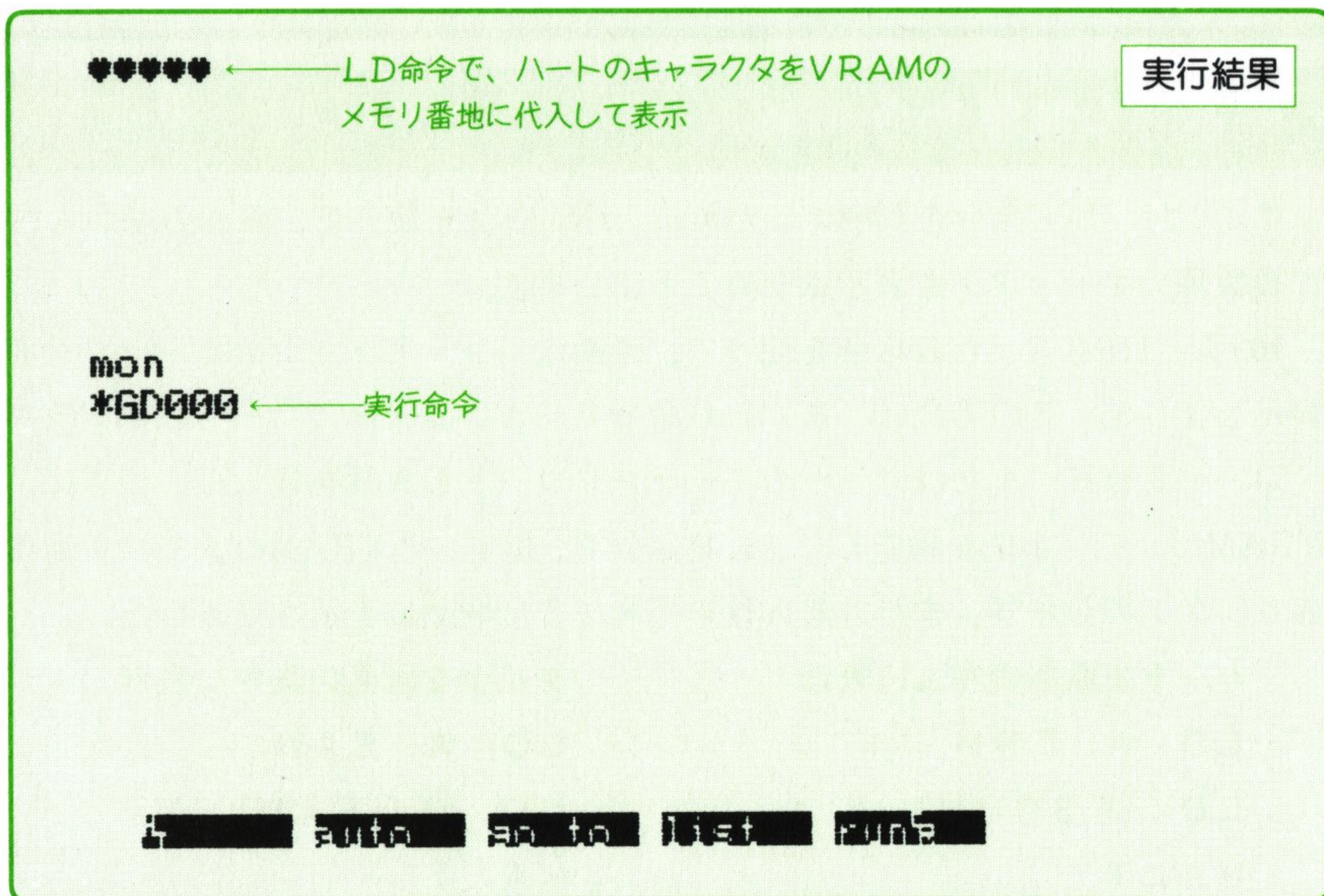
というように、まずＡレジスタに、ハートのキャラクタコード E９Hを代入します。そして、5個のハートを表示するVRAMのメモリ番地をひとつひとつ指定して、ＬＤ命令で、指定したＶＲＡＭのメモリ番地にひとつひとつＡレジ

スタのＥ９Ｈを代入してやればよいわけです。

この場合は、ハートの表示を横40文字表示で行っています。したがって、VRAMのメモリ番地は、ひとつ置きになります。

つぎに、このプログラムの実行結果を示します。

実行結果

```
♥♥♥♥♥ ←――LD命令で、ハートのキャラクタをVRAMの
          メモリ番地に代入して表示

mon
*GD000 ←――実行命令
```

さて、ベーシックで複数個のキャラクタを表示する場合、PRINT命令をいくつも並べてキャラクタを表示するというようなことはしないで、つぎのように、FOR～NEXT命令を使って、必要なだけPRINT命令を繰り返えして表示させます。

```
10 FOR I=1 TO 5
20 PRINT "♥";
30 NEXT I
40 END
```

マシン語にもDJNZ（139頁参照）という、ベーシックのFOR～NEXT命令とおなじ繰り返えし命令があります。このDJNZ命令を使ってキャラクタを表示するときに必要になるのが、INC命令です。もちろん、INC命令は加算命令の基本的な命令ですから、いろいろな場合に使う命令であることはいうまでもありません。

INC命令は、＋１する命令

INC命令は、インクリメント命令といって、レジスタやメモリに記憶されている内容に１を足す命令で、つぎのような形をしています。

INC ×

×のところには、レジスタが置かれます。キャラクタを画面の左から右へ表示する場合、ＨＬレジスタを使いますから、まず、ＨＬレジスタを使って説明することにします。

さてこの場合は、ＨＬレジスタを使いますから、INC命令のあとにある×には、つぎに示すように、ＨＬレジスタが置かれます。ＨＬレジスタについては、あとで説明します。

INC HL

このＨＬレジスタに、Ｆ３００Ｈが記憶されているとします。

HLレジスタに記憶されている内容＝Ｆ３００Ｈ

つぎに、さきに示したINC HL命令を実行させます。

INC HL

すると、ＨＬレジスタに記憶されている内容Ｆ３００Ｈに、１がプラスされます。

Ｆ３００Ｈ＋１

したがって、INC HL命令を実行したあとのHLレジスタの内容は、

HLレジスタに記憶されている内容＝Ｆ３０１Ｈ

Ｆ３０１Ｈになります。もう一度、INC HL命令を実行させると、

INC HL

こんどは、ＨＬレジスタに記憶されている内容は、

HLレジスタに記憶されている内容＝Ｆ３０１Ｈ

Ｆ３０１Ｈですから、Ｆ３０１Ｈに１がプラスされます。

Ｆ３０１Ｈ＋１

したがって、２回目のINC HLを実行したあとのＨＬレジスタに記憶されている内容は、

HLレジスタに記憶されている内容＝Ｆ３０２Ｈ

Ｆ３０２Ｈになります。

ＨＬレジスタは、あとで説明するように16ビットレジスタですから、Ｆ３００Ｈというように４桁の16進数を扱います。これに対して、Ｂ、Ｃ、Ｄというレジスタは、８ビットレジスタですから、２桁の16進数を扱いますが、INC命令の働きは、ＨＬレジスタの場合とおなじです。

ここでは、Ｂレジスタを取り上げて説明することにします。この場合は、Ｂレジスタですから、INC　×の×のところに、Ｂレジスタを置きます。

INC　B

このＢレジスタに、０９Ｈが記憶されているとしましょう。

Ｂレジスタに記憶されている内容＝０９Ｈ

つぎに、INC　Ｂ命令を実行させます。

INC　B

すると、Ｂレジスタの内容０９Ｈに、１がプラスされます。

０９Ｈ＋１

したがって、INC　Ｂ命令を実行したあとのＢレジスタの内容は、

Ｂレジスタに記憶されている内容＝０ＡＨ

０ＡＨとなります。これが、INC命令の働きです。

INC命令を使って、複数個のキャラクタを表示する

では、INC命令を使ってハートを左から右に５個表示させることにします。さきに、アセンブリ言語で書いたプログラムを示します。

```
LD  B, E9H      ← ハートのキャラクタコード
                  E9HをBレジスタに代入
LD  HL, F300H
LD  (HL), B     ← Bレジスタの内容をHL
                  レジスタに代入
INC  HL    ←┐
LD  (HL), B  │
INC  HL    ←┤
LD  (HL), B  ├ HLレジスタの内容を＋１する
INC  HL    ←┤
LD  (HL), B  │
INC  HL    ←┘
LD  (HL), B
JP  5C66H       ← 5C66番地にジャンプ
```

つぎは、アセンブリ言語の説明です。1行目の、

LD B, E9H

は、LD命令でBレジスタに、ハートのキャラクタコードE9Hを代入しています。2行目の、

LD HL, F300H

で、ハートを最初に表示するVRAMのメモリ番地F300Hを、HLレジスタに代入しています。

HLレジスタは、HとLレジスタを組み合せたもの

110頁で、CPUのなかにはAレジスタのほかに、B、C、D、E、H、Lのレジスタがあると説明しました。B、C、D、E、H、Lのレジスタは、ひとつひとつの場合、Aレジスタとおなじように8ビットレジスタで、8ビット(1バイト)しか扱うことができません。

B C D E H L ←ひとつひとつのときは8ビットレジスタ

ところが、このB、C、D、E、H、Lのレジスタは、2つずつ組み合せて使うことができます。組み合せの仕方は

BC DE HL ←2つずつ組み合せて使うことができる

BレジスタとCレジスタ、DレジスタとEレジスタ、HレジスタとLレジスタと決まっています。このようにレジスタを組み合せて使うことを、**レジスタペア**といいます。レジスタペアにすると、16ビット(2バイト)を扱うことができるようになります。

この場合、HLレジスタを使っているのは、F300Hというように、16ビットを扱わなければならないからです。また、このことが大切なことなのですが、16ビットを扱うということだけなら、なにもHLレジスタでなくても、BCレジスタ、DEレジスタであってもよいわけです。ところが、BCレジスタ、DEレジスタを使うと、つぎに示すように、Aレジスタに記憶させたものしか使えないという問題があるのです。

LD (BC), A LD (DE), A ←Aレジスタに記憶させたものしか使えない

これに対して、HLレジスタを使うと、A、B、C、Dなどのレジスタに記憶させたものすべてが使えるようになります。

LD (HL), B LD (HL), C
LD (HL), D LD (HL), E ←A、B、C、Dなど、いずれのレジスタに記憶させても使える

このようなことから、ＨＬレジスタペアを使うわけです。

ハートの表示

さて、説明をもとに戻して、3行目の、

ＬＤ　(ＨＬ), Ｂ

のカッコのなかのHLは、2行目でHLレジスタにVRAMのメモリ番地Ｆ３００Ｈを代入しましたからＦ３００Ｈ。またBは、1行目で、Bレジスタにハートのキャラクタコード Ｅ９Ｈを代入しましたからＥ９Ｈ。したがって、つぎのようになります。

ＬＤ　(Ｆ３００Ｈ), Ｅ９Ｈ

ＬＤ命令で、ハートのキャラクタコードＥ９Ｈを、VRAMのメモリ番地Ｆ３００Ｈに代入するということは、VRAMのメモリ番地Ｆ３００Ｈにハートを表示するということですから、1個目のハートが画面の一番左端上に表示されることになります。

つぎは、2個目のハートの表示です。画面の左から右へ表示していく場合VRAMのメモリ番地はひとつずつ増えていきます。したがってVRAMのメモリ番地にしたがってHLレジスタに記憶されている内容をひとつずつ増やしていかなければなりません。そこでINC命令を使って、ＨＬレジスタに記憶されている内容に1をプラスします。それが、4行目の、

INC　HL

です。INC　HL命令を実行すると、

Ｆ３００Ｈ＋１

が行われて、ＨＬレジスタに記憶されている内容は、

ＨＬレジスタに記憶されている内容＝Ｆ３０１Ｈ

となります。4行目のINC　HL命令で、1プラスされたＨＬレジスタの内容Ｆ３０１Ｈが、5行目の、

ＬＤ　(ＨＬ), Ｂ

カッコのなかのＨＬの内容になります。したがって、

ＬＤ　(Ｆ３０１Ｈ), Ｅ９Ｈ

となりますから、2個目のハートが、VRAMのメモリ番地Ｆ３０１Ｈに表示されることになります。あとはおなじことの繰り返えしなので、説明は省略します。

アセンブリ言語をマシン語になおす

では、アセンブルです。巻末のZ－80アセンブル表を使ってアセンブリ言語をマシン語に直します。アセンブルの仕方は108頁や113頁で説明したとおりです。したがって、アセンブリ言語とマシン語を並べて示します。

アセンブリ言語	マシン語
LD B, E9H	06 E9
LD HL, F300H	21 00 F3
LD (HL), B	70
INC HL	23
LD (HL), B	70
INC HL	23
LD (HL), B	70
INC HL	23
LD (HL), B	70
INC HL	23
LD (HL), B	70
JP 5C66H	C3 66 5C

このマシン語のプログラムを、D000番地から入力して実行させると、つぎの実行結果に示すように、ハートが3個しか表示されません。これは、横40文字表示で実行しているからです。

実行結果

```
♥♥♥   ←横40文字表示なので、3個しか表示されない

mon
*GD000   ←実行命令

*■   ←JP 5C66Hでマシン語のモニタにジャンプして表示
     auto  go to  list  run
```

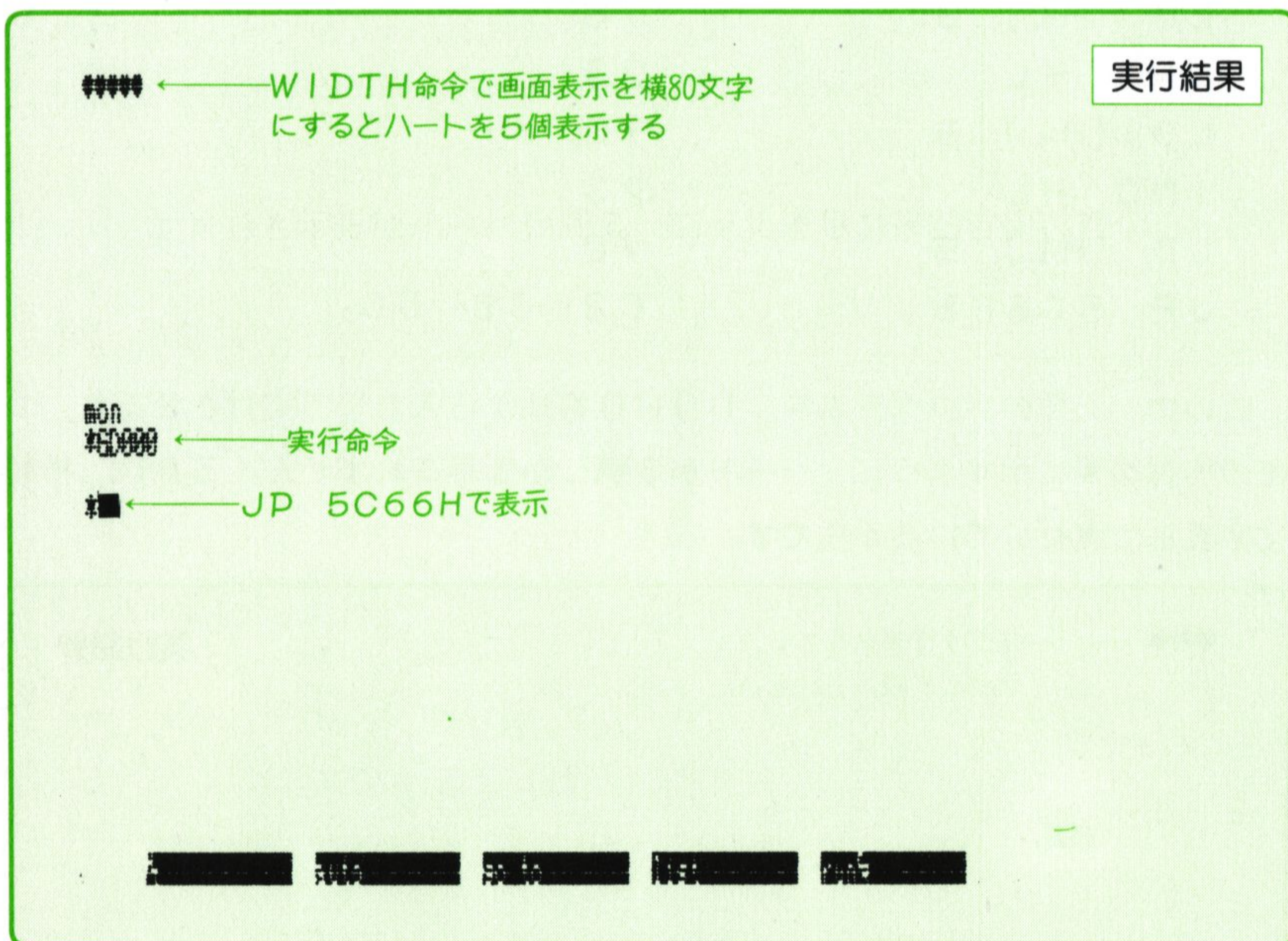
さきに説明したように、横40文字表示の場合は、VRAMのメモリ番地は、ひとつ置きにしか使うことができません。したがって、INC　HL命令で、HLレジスタに記憶されている内容にプラス1する場合、

```
INC  HL ←―――― INC命令を1回実行する
LD (HL), B ←―― HLの内容が1プラスされる
```

カッコのなかのHLの内容が、表示できないVRAMのメモリ番地になるということがおこります。そこで、ハートが、3個しか画面に表示されないわけです。

この場合は、ベーシックのコマンド・レベルでWIDTH命令を使って、

```
WIDTH 80, 25
```

と入力して、画面表示を横80文字表示に変更すると、つぎの実行結果に示すように、このままでもハートが5個、画面に表示されます。

ただし、横80文字表示でキャラクタを表示させると、表示が非常に小さいので見にくくなります。

そこで、横40文字表示で、キャラクタを表示するにはどうしたらよいのかが問題となります。横40文字表示で、キャラクタを表示するには、つぎに説明するようにすればよいのです。

横40文字表示で、ハートを5個表示するには

横40文字表示のVRAMのメモリ番地は、巻末のメモリ番地表を見るとわかるように、Ｆ３００Ｈのつぎはの Ｆ３０２Ｈ、そのつぎはＦ３０４Ｈとなっています。したがって横40文字表示で、ハートを画面の左から右へ5個表示するには、ＨＬレジスタに記憶されている内容に2をプラスすればよい、ということになります。

INC HL命令を実行すると、ＨＬレジスタに記憶されている内容に1プラスするわけですから、ＨＬに記憶されている内容に2をプラスするには、つぎに示すように、

```
INC  HL  ┐
         ├← ＩＮＣ命令を２回実行させる
INC  HL  ┘
```

INC HL命令を2つ重ねて、2回実行させればよいということになります。

したがって、さきのプログラムの4行、6行、8行、10行目にあるINC HL命令に、もうひとつINC HL命令を追加して、INC HL命令を2つにして実行させると、つぎの実行結果に示すように、5個のハートが表示されます。

実行結果

```
♥♥♥♥♥ ←INC HL命令を2個にすると
         5個のハートを表示

mon
*GD000 ←実行命令

*■ ←JP 5C66Hで表示
```

06	E9	
21	00	F3
70		
23	23	
70		
23	23	
70		
23	23	
70		
23	23	
70		
C3	66	5C

画面の右から左へ複数個のキャラクタを表示する

基本的な減算命令　DEC

123頁で基本的な加算命令であるINC命令について説明しました。INC命令に対して、基本的な減算命令としてDEC命令があります。ここでは、DEC命令を説明するために、DEC命令を使って、画面の右から左へ複数個のキャラクタを表示することにします。

DEC命令は、－1する命令

DEC命令は、デクリメント命令といって、INC命令の逆の働きをする命令です。つまり、レジスタに記憶されている内容から、1を引く働きです。ＤＥＣ命令は、つぎのような形をしています。

DEC　×

ＤＥＣ　×の×のところには、レジスタが置かれます。

キャラクタを画面の右から左へ表示する場合、ＨＬレジスタを使って行いますから、まず、HLレジスタを使って、DEC命令の働きを説明することにします。したがって、ＤＥＣ命令のあとにある×には、つぎに示すように、ＨＬレジスタが置かれることになります。

ＤＥＣ　ＨＬ

この場合、HLレジスタを使うのは、127頁のINC命令で、HLレジスタを使ったのとおなじ理由によります。ＨＬレジスタ、およびＨＬレジスタを使う理由については、INC命令の項で説明していますから参照してください。

さてＨＬレジスタに、Ｆ６９６Ｈが記憶されているとします。Hレジスタと Ｌレジスタが2つ組み合わされてＨＬレジスタとなると、16ビット（2バイト）を扱うレジスタになります。したがってＦ６９６Ｈというように、4桁の16進数を扱います。

ＨＬレジスタに記憶されている内容＝Ｆ６９６Ｈ

つぎに、DEC　HL命令を実行させます。

DEC　HL

すると、HLレジスタに記憶されている内容F696Hから1が引かれます。

F696H－1

したがって、DEC　HL命令を実行したあとのHLレジスタの内容は、

HLレジスタに記憶されている内容＝F695H

F695Hとなります。もう一度、DEC　HL命令を実行させると、

DEC　HL

こんどは、HLレジスタに記憶されている内容はF695Hですから、F695Hから1が引かれます。

F695H－1

したがって、2回目のDEC　HL命令を実行したあとのHLレジスタの内容は、

HLレジスタに記憶されている内容＝F694H

F694Hとなります。

B、C、Dといった、8ビットレジスタに記憶されている内容から1を引く場合も、HLレジスタの場合とおなじです。8ビットレジスタの場合は、2桁の16進数を扱うことになります。

ではつぎに、Bレジスタを取りあげて、DEC命令の働きをみてみることにします。

Bレジスタの場合は、DEC　×の×のところに、Bレジスタを置きます。

DEC　B

このBレジスタに、28Hが記憶されているとします。

Bレジスタに記憶されている内容＝28H

つぎにDEC　B命令を実行させます。

DEC　B

すると、Bレジスタに記憶されている内容28Hから、1が引かれます。

28H－1

したがって、DEC　B命令を実行したあとのBレジスタの内容は、

Bレジスタに記憶されている内容＝27H

27Hになります。

これがDEC命令の働きです。

DEC命令を使って、複数個のキャラクタを表示する

では、DEC命令を使って、複数個のキャラクタを表示させることにします。この場合は、○を５個表示することにします。

つぎに、アセンブリ言語で書いたプログラムを示します。

```
LD  C, EDH        ← ○のキャラクタコードEDHを
                     Cレジスタに代入
LD  HL, F34EH     ← HLレジスタにVRAMのメモ
                     リ番地F34EHを代入
LD  (HL), C       ← Cレジスタの内容をHLレジスタに代入
DEC  HL           ← HLレジスタの内容から1を引く
LD  (HL), C
DEC  HL
LD  (HL), C
DEC  HL
LD  (HL), C
DEC  HL
LD  (HL), C
JP  5C66H
```

では、アセンブリ言語のプログラムの説明です。１行目の、

LD C, EDH

はＬＤ命令で、Ｃレジスタに○のキャラクタコードＥＤＨを代入しています。２行目の、

LD HL, F34EH

では、ＬＤ命令で○を最初に表示するVRAMのメモリ番地Ｆ３４ＥＨを、ＨＬレジスタに代入しています。メモリ番地Ｆ３４ＥＨは、画面の右端上の位置になります。３行目の、

LD (HL), C

のカッコのなかのHLは、２行目でHLレジスタにVRAMのメモリ番地Ｆ３４ＥＨを代入していますから、Ｆ３４ＥＨとなります。また、Cは、１行目でＣレジスタに○のキャラクタコードＥＤＨを代入しましたから、ＥＤＨとなります。したがって、３行目は、つぎのようになります。

LD (F34EH), EDH

ＬＤ命令で、○のキャラクタコードＥＤＨを、ＶＲＡＭのメモリ番地Ｆ３４Ｅ

Hに代入するということは、ＶＲＡＭのメモリ番地Ｆ３４ＥＨに○を表示するということですから、画面の一番右端に１個目の○が表示されます。

つぎは、２個目の○の表示です。画面の右から左へ○を表示していく場合、VRAMのメモリ番地は、ひとつずつ小さくなっていきます。したがってVRAMのメモリ番地にしたがって、ＨＬレジスタに記憶されている内容をひとつずつ減らしていかなければなりません。そこで、ＤＥＣ命令を使って、ＨＬレジスタの内容から１を引きます。それが４行目の、

DEC HL

です。DEC HL命令を実行すると、

F34EH−1

が行われて、ＨＬレジスタに記憶されている内容は、

HLレジスタに記憶されている内容＝F34DH

となります。４行目のDEC HL命令で、マイナス１されたHLレジスタの内容Ｆ３４ＤＨが、５行目の、

LD (HL), C

カッコのなかのＨＬの内容になります。したがって、

LD (F34DH), EDH

となりますから、VRAMのメモリ番地Ｆ３４ＤＨの位置、つまり、最初に表示された○のひとつ左側の位置に、２個目の○が表示されることになります。

あとは、これまで説明したように、

DEC HL

で、それまでＨＬに記憶されていた内容から１を引き、

LD (HL), C

で、１引かれたHLに記憶されている内容に○を表示するという繰り返えしですから、説明は省略します。最後の行の、

JP 5C66H

は、マシン語モニタへのジャンプです。したがって、ふたたび、マシン語のコマンドを受けつける＊印を表示します。

アセンブリ言語をマシン語になおす

では、アセンブルです。巻末のZ－80アセンブル表を使ってアセンブリ言語をマシン語に直します。アセンブルの仕方は、113頁で説明したとおりです。したがって、アセンブリ言語とマシン語を並べて示します。

アセンブリ言語	マシン語
LD C, EDH	0E ED
LD HL, F34EH	21 4E F3
LD (HL), C	71
DEC HL	2B
LD (HL), C	71
DEC HL	2B
LD (HL), C	71
DEC HL	2B
LD (HL), C	71
DEC HL	2B
LD (HL), C	71
JP 5C66H	C3 66 5C

つぎに、このプログラムのD000番地から入力して実行した結果を示します。

実行結果

```
                                        000
mon
*GD000

*■

 auto  go to  list  run
```

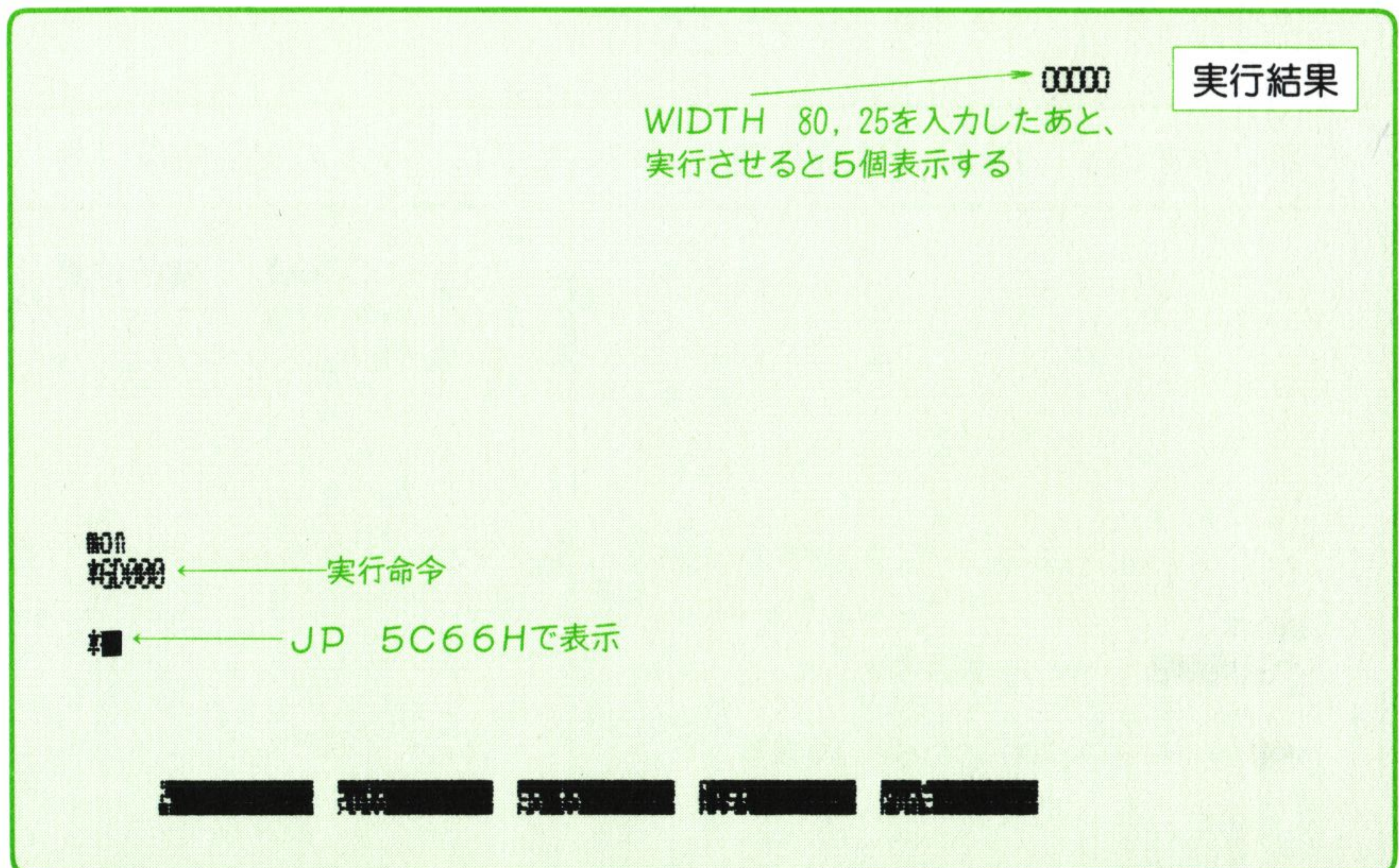
000 ← 0を3個しか表示しない

*GD000 ← 実行命令

*■ ← JP 5C66Hで表示

ところで、○を５個表示するはずのプログラムが、実行結果では、○を３個しか表示していません。これは、横40文字で実行させているからです。横40文字表示の場合は、VRAMのメモリ番地は、ひとつ置きに使われるので、このような結果になるのです。そこで、つぎのように、WIDTH命令で、

WIDTH 80, 25 ←―― ベーシックのコマンド・レベルに戻し、画面表示を変更する

横80文字表示に変更して実行すると、○が５個表示されます。

横40文字表示で、○を５個表示するには

ただ、横80文字表示では○が小さくて、みにくいということがあります。そこで、横40文字表示で、○を５個表示することにします。

VRAMのメモリ番地は巻末のメモリ番地表をみるとわかるように、横40文字表示の場合、右から左へＦ３４ＥＨ、Ｆ３４ＣＨ、Ｆ３４ＡＨ、Ｆ３４８Ｈとふられています。したがって、○を右から左へ表示するには、ＨＬに記憶されている内容を、２ずつ引いていけばよいということになります。

DEC HL命令は、HLに記憶されている内容から、１を引くわけですから、HLに記憶されている内容から２を引くには、つぎに示すように、

```
DEC  HL  }
DEC  HL  }  DEC HL命令を2回実行させる
```

DEC HL命令を２個重ねて、２回実行すればよいということになります。

つぎに、まえのプログラムの4行目、6行目、8行目、10行目のDEC HL命令のあとに、それぞれDEC HL命令を追加したプログラムを、ダンプリストで示します。

```
D000 0E ED 21 4E F3 71 2B 2B
D008 71 2B 2B 71 2B 2B 71 2B
D010 2B 71 C3 66 5C FF FF FF
```

つぎに示すのが、DEC HL命令を2個にしたプログラムの実行結果です。

引く数だけDEC HL命令を重ねる

このように、HLに記憶されている内容から2を引くときは、DEC HL命令を2個重ねて、2度実行させればよいのです。したがって、HLに記憶されている内容から3を引くときは、つぎのように、

```
DEC HL
DEC HL
DEC HL
```

3を引くときは、3個重ねる

DEC HL命令を3個重ねて引くということになります。

ベーシックのFOR～NEXT命令とおなじ繰り返えし処理をさせるには

繰り返えし処理専門の命令　DJNZ

123頁ではLD命令とINC命令を使って、また、132頁ではDEC命令を使って、キャラクタを画面に表示しました。LD命令、INC命令、DEC命令を使ってキャラクタを表示したときは、わずか5個のキャラクタの表示だったからいいようなものの、これが40も50もといった、数多くのキャラクタの表示だったら、プログラムが非常に長いものになってしまいます。

なぜなら、LD命令、INC命令、DEC命令で、画面にキャラクタを表示する方法は、つぎに示すように、ベーシックのLOCATE命令とPRINT命令で、キャラクタを画面に表示するのと、まったくおなじ方法だからです。

```
10 LOCATE 0,0
20 PRINT "♥"
30 LOCATE 1,0
40 PRINT "♥"
50 LOCATE 2,0
60 PRINT "♥"
```

LOCATE文で、列番号、行番号を指定して
その位置にハートを表示する

ベーシックではこのような場合、つぎに示すように、

```
10 FOR I=1 TO 40
20 PRINT "♥";
30 NEXT I
40 END
```

FOR～NEXT命令で繰り返えして処理する

繰り返えし処理の命令である、FOR～NEXT命令を使って処理します。

マシン語でも、ベーシックのFOR～NEXT命令とおなじように、繰り返えし処理をする命令があります。**DJNZ命令**です。したがって、繰り返えし処理をするときは、DJNZ命令を使って処理します。

DJNZ命令は、つぎのような形をしています。

DJNZ　　DJNZのマシン語＝10　e－2

繰り返えしの命令DJNZのマシン語の10のあとにあるe－2については、あとで説明します。ここでは、e－2には、繰り返えし処理をするスタート番地を相対アドレスで書く、とだけおぼえておいてください。

繰り返えし処理をする回数はBレジスタにセット

ところで、DJNZ命令をみると、繰り返えし処理をするスタート番地の指定をするところはありますが、何回繰り返えして処理をするのか、繰り返えす回数を指定するところがありません。これは、繰り返えす回数は、Bレジスタにセットすると決まっているからです。

Bレジスタ＝繰り返えしの回数をセット

ベーシックのFOR～NEXT命令では、FOR命令に繰り返えしの回数を書きます。たとえば、40回繰り返えすときは、

FOR　I＝1　TO　40 ←―― 初期値を1、最終値を40とする

それとおなじように、マシン語の場合は、Bレジスタに繰り返えしの回数をセットするわけです。たとえば、40回繰り返えし処理するときは、

LD　B，28H

というようにです。LD　B，28Hは、Bレジスタに28Hを代入するということです。28Hは、10進数で40です。10進数を16進数に変換するときは、巻末に示した10進数↔16進数変換表を使って変換してください。

繰り返えし処理する命令は、BレジスタとDJNZ命令の間に置く

ところで、ベーシックのFOR～NEXT命令は、FOR命令に繰り返えし処理をする回数をセットして、繰り返えし処理するステートメントを、つぎに示すように、FOR命令とNEXT命令の間に置きます。

```
FOR　I＝1　TO　40
    繰り返えし処理をするステートメント
NEXT　I
```

DJNZ命令の場合もおなじように、繰り返えし処理をする命令を、つぎに示すように、繰り返えす回数をセットしたBレジスタと、DJNZ命令との間に置きます。

Bレジスタ

繰り返えし処理をする命令

DJNZ

これが、繰り返えし処理するDJNZ命令の形です。

40個の●を画面に表示する

DJNZ命令の形がわかったところで、画面の左から右へ40個の●を表示させて、具体的にDJNZ命令の使い方について説明していくことにします。

DJNZ命令を使って40個の●を表示するプログラムを、おおまかな図で示すと、つぎのようになります。

Bレジスタに繰り返えす回数40をセット

繰り返えし処理をする命令、つまり●を表示する命令

DJNZ

画面にキャラクタを表示する方法は、109頁で説明しました。まず、●のキャラクタコードECHをAレジスタに代入します。

```
LD A, ECH
```

となります。つぎは、表示するVRAMのメモリ番地をHLレジスタに代入します。この場合は画面の左から右へ●を表示するわけですから、HLレジスタには、画面の一番左端上のVRAMのメモリ番地F300Hを代入します。

```
LD HL, F300H
```

それから、Aレジスタに代入したECHを、VRAMのメモリ番地を記憶しているHLレジスタに代入します。

```
LD (HL), A
```

以上のことを、わかりやすいように、ここまでをまとめておきます。

```
LD A, ECH      ← ●のキャラクタコードECHをAレジスタに代入
LD HL, F300H   ← VRAMのメモリ番地F300HをHLレジスタに代入
LD (HL), A     ← Aレジスタの内容をHLレジスタに代入
```

そのほかに、ＨＬレジスタに記憶されている内容に＋１して、メモリ番地をひとつひとつ増やしていくINC命令がありますが、このINC命令をどこに置くかが問題なので、ひとまずINC命令を除いて説明します。

さて、上にまとめた命令のうち、どの命令をＢレジスタとDJNZ命令の間に置けばよいかです。キャラクタコードECHは、一度Aレジスタに代入すればよいわけです。最初のVRAMのメモリ番地Ｆ３００Ｈも、一度ＨＬレジスタに代入すればよいわけです。

したがって、●を画面に表示していくには、LD（HL），A命令を、Ｂレジスタと DJNZ命令の間に置いて繰り返えし処理すればよいということになります。Ｂレジスタに、繰り返えす回数40をセットする命令は、さきに取りあげたようにLD　B，２８Ｈですから、

```
LD  A, ECH        ←――――ECHをAレジスタに代入
LD  HL, F300H     ←――――F300HをHLレジスタに代入
LD  B, 28H        ←――――繰り返えしの回数40をBレジスタに代入
LD  (HL), A       ←――――ECHをHLレジスタに代入して画面に表示
DJNZ              ←――――繰り返えし処理をするスタート番地へ戻す
```

となります。

このプログラムをマシン語になおして実行しても、VRAMのメモリ番地Ｆ３００Ｈ、つまり画面の左端上で●が繰り返えし表示されるだけです。なぜなら、ＨＬレジスタに記憶されている内容がＦ３００Ｈのまま変化しないからです。そこでINC命令で、ＨＬレジスタに記憶されている内容に＋１します。

HLレジスタに記憶されている内容に＋１する命令は、123頁のINC命令で説明しているように、

```
INC HL
```

となります。

このINC　HL命令は、LD（HL），A命令とDJNZ命令の間に入れます。なぜなら、INC　HL命令も繰り返えさないと、１、２、３というように数が増えていかないからです。

ただしこの場合は、横40文字表示で●を表示していく関係から、つぎに示すように、INC　HL命令を２個使います。この理由は131頁で説明していますので、その頁を参照してください。

```
LD B, 28H
LD (HL), A ─┐
INC HL      │ INC HL命令を2個、この間に入れる
INC HL      │
DJNZ ───────┘
```

このようにすると、まず、HLレジスタに代入されているF300Hで、LD (HL), Aは、つぎのようになって、

LD (F300H), ECH

1個目の●を画面の左端上に表示します。そして、最初のINC HL命令で、HLレジスタに記憶されている内容F300Hに＋1します。したがって、HLレジスタに記憶されている内容は、

HLレジスタに記憶されている内容＝F301H

となります。つぎのINC HL命令で、HLレジスタに記憶されている内容F301Hに＋1しますから、HLレジスタに記憶されている内容は、

HLレジスタに記憶されている内容＝F302H

となります。

INC HL命令を2回実行したあと、DJNZ命令で、繰り返えし処理をするスタート番地に戻りますから、HLレジスタに記憶されている内容F302Hで、LD (HL), Aは、つぎのようになります。

LD (F302H), ECH

つまり、2個目の●が、VRAMのメモリ番地F302Hに表示されることになります。つまり、画面に表示されている1個目の●の、つぎの位置に表示されるということです。

このことを、Bレジスタにセットした40まで繰り返えして、●を表示していくわけです。Bレジスタにセットした40が0になると、DJNZ命令による繰り返えしをやめて、つぎのメモリ番地に記憶されている、命令の実行に移ります。

なぜ、Bレジスタにセットした40が0になるのかというと、DJNZ命令で繰り返えし処理をするスタート番地に戻るたびに、Bレジスタにセットした40から1を引いて、そのうえでスタート番地に戻るからです。

では、アセンブルです。

アセンブリ言語をマシン語になおす

このプログラムの場合は、DJNZ命令で、繰り返えし処理を行うスタート番地に戻さなければなりません。どのメモリ番地に戻すのかを説明するにはプログラムをメモリ上に割りつけておかなければなりませんから、ここでは、メモリ番地、マシン語、それにアセンブリ言語といった順で、プログラムを示します。メモリ番地はＤ０００Ｈからにします。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	3E EC	LD A, ECH
D002	21 00 F3	LD HL, F300H
D005	06 28	LD B, 28H
D007	77	LD (HL), A
D008	23	INC HL
D009	23	INC HL
D00A	10 FB	DJNZ D007H
D00C	C3 66 5C	JP 5C66H

10のあとのe−2とは

DJNZ命令をマシン語になおすと、10　e－2となりますが、このe－2とはなんのことでしょうか。まえにe－2には、繰り返えし処理をするスタート番地を書くと説明しました。

10　e−2 ←――――繰り返えし処理をするスタート番地

そのことに違いはありません。ただ、e－2と指定されている以上、何か特別な指定の仕方があるのではないかということです。そのとおりで、e－2に書くメモリ番地は、**相対アドレス指定**であるということです。

うえに示したプログラムの、最後の行のＪＰ命令をみてください。ＪＰ命令では、メモリ番地５Ｃ６６Ｈにジャンプさせるとき、２バイトのメモリ番地をそのまま書きます。

C3　66　5C ←――――5C66Hをそのまま書く

このように、２バイトのメモリ番地を、そのまま書くことを、**絶対アドレス指定**といいます。

では、下から２行目のDJNZ命令をみてください。ここでは説明の都合上e

－２のところにFBHを入れています。

10　FB ←――FBHが戻っていく先のメモリ番地

このプログラムの場合、FBHが戻っていく先のメモリ番地ですが、メモリ番地は２バイトですから、どこにもFBHという１バイトのメモリ番地はありません。

端的にいって、これが相対アドレス指定というものです。相対アドレス指定では、FBHというように、１バイトでメモリ番地の指定を行います。

10　FB ←――1バイトでメモリ番地の指定を行う

ここでなぜ、e－２の箇所にFBHが入っているのかはあとでわかります。

相対アドレス指定のやり方

では、相対アドレス指定は、どのようにして行うのかということです。相対アドレス指定について根本から説明すると、あれやこれや説明しなければならず、非常にむずかしいものになってしまい、かえって理解できなくなってしまうと思うので、ここでは必要最少限の説明にとどめます。

CPUのなかには、PC（プログラムカウンタ）というものがあります。このPCは常に、CPUがつぎに実行する命令が記憶されているメモリ番地を指しています。たとえば、うえのプログラムを実行させるとき、

*GD000 ⏎

を入力して、RET キーを叩きます。このとき、ＰＣは、

PC――→D000H

を指します。CPUはPCが指しているＤ０００Ｈをみて、Ｄ０００Ｈのメモリ番地に記憶されている命令を取り出して実行にかかると、ＰＣは、

PC　――→D002H

つぎに実行するメモリ番地Ｄ００２Ｈを、自動的に指します。

相対アドレス指定は、このＰＣが指しているメモリ番地に働きかけて、メモリ番地の指定をもとに戻していくやり方です。

では、144頁のプログラムの下から２行目をみてください。10　ＦＢを実行すると、PCは、つぎにCPUが実行する命令が記憶されている最後の行の先頭のメモリ番地Ｄ００ＣＨを指します。

```
D00A  10  FB
D00C  C3  66  5C
```

PC（プログラムカウンタ）は
このメモリ番地を指す

そこで、ＰＣが指しているＤ００Ｃ番地を、繰り返えし処理する最初の命令が記憶されているメモリ番地まで戻してやります。CPUは、PCが指しているメモリ番地をみて、そのメモリ番地に記憶されている命令を実行しますから、PCが指しているメモリ番地を戻してやれば、CPUは、ふたたび、そのメモリ番地に記憶されている命令を、実行するというわけです。

さて、このプログラムの場合、繰り返えし処理をするスタート番地、つまり最初のメモリ番地はどこでしょうか。

メモリ番地Ｄ００５ＨとＤ００６Ｈに記憶されているマシン語０６　２８は、繰り返えしの回数40をＢレジスタにセットする命令ですから、繰り返えす必要はありません。したがって、繰り返えし処理するスタート番地は、そのつぎの行のＤ００７Ｈということになります。そこで、ＰＣが指しているメモリ番地Ｄ００Ｃ番地を、繰り返えし処理をするスタート番地Ｄ００７まで戻します。

ＰＣの指しているメモリ番地の戻し方は、つぎのようにして行います。

```
D00C  C3 ←―――― 10  FBを実行してPCが指しているメモリ番地
D00B  FB ←―――― −1すると、このメモリ番地に戻る
D00A  10 ←―――― −2すると、このメモリ番地に戻る
D009  23 ←―――― −3すると、このメモリ番地に戻る
D008  23 ←―――― −4すると、このメモリ番地に戻る
D007  77 ←―――― −5すると、このメモリ番地に戻る
```

ということで、－５になります。したがって、DJNZ命令のマシン語10のあとのｅ－２のところに－５と書けばよい、ということになります。

```
10  −5
```

もちろん、－５は10進数ですから、そのまま書くわけにはいきません。－５を16進数になおすと、FBHということになります。そこで、ｅ－２のところにFBHを置いて、

```
10  FB
```

として説明してきたわけです。

FBHは、符号つき16進数です。符号つき16進数も249頁に表にして示してありますから、その表を使って変換してください。－５の場合は、－５のあるところから横と上を見ます。横に上位ビット、上に下位ビットが示してあります。したがって、－５は上位ビットがＦ、下位ビットＢで、FBHになるということがわかります。

ではつぎに、このプログラムのダンプリストと、実行結果を示します。

ダンプリストをみるとわかると思いますが、DJNZ命令を使った結果、非常に短いプログラムになりました。

ところで、実行結果をみるかぎりでは、ただ、画面に40個の●が表示されているだけですが、実際に実行させて見ると、ベーシックの場合とは比較にならない速さで表示されます。マシン語の処理の速さが、これでもわかります。

ダンプリスト

```
D000 3E EC 21 00 F3 06 28 77
D008 23 23 10 FB C3 66 5C FF
```

実行結果

```
●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●
```

DJNZ命令で繰り返えして40個の●を表示する

```
mon
*GD000
```

実行命令

```
*■
```

JP 5C66Hで表示

```
auto  go to  list  run
```

画面の上から下に向けて●を表示

16ビット（2バイト）の加算命令 ADD

139頁で、DJNZ命令とINC命令を使って、画面の左から右に向けて●を表示しました。ここでは、画面の下に向けて●を表示していくことにします。

画面の下に向けて●を表示していくとき必要になるのが、16ビット（2バイト）の加算です。16ビットの加算を行う命令は、**ADD命令**です。なお、8ビット（1バイト）の加算命令もADD命令です。

16ビットの加算と8ビットの加算の違うところは、16ビットの加算の場合、16ビットが扱えるように、レジスタをHL、BC、DEというレジスタペアにして加算を行うのに対して、8ビットの加算は、A、B、Cという8ビットレジスタのままで加算を行うということです。

つぎに、16ビットの加算命令ADDの形を示します。

```
ADD  HL, ××
```

16ビットの加算命令ADDでは、うえに示したように、ADD命令のあとに、HLレジスタペアを使います。

そのあとにある××のところには、BC、DE、HLといったレジスタペアのうちの、いずれかひとつを選んで置きます。

そしてHLレジスタには、足される数を入れます。××のところに置いたレジスタペアには、足す数を入れます。たとえば、つぎのような計算を行うとします。

3333H+2222H=

↖足される数　↖足す数

足される数3333Hは、HLレジスタに入れます。足す数2222Hは、BC、DE、HLのなかからBCレジスタを選んで、BCレジスタに入れることにします。

したがって、この足し算のプログラムは、つぎのようになります。

```
LD  HL, 3333H ←———3333HをHLレジスタに代入
LD  BC, 2222H ←———2222HをBCレジスタに代入
ADD  HL, BC ←———ADD命令で、HLレジスタとBCレジスタの値を足す
HALT
```

加算命令ADDを実行して、ＨＬレジスタの３３３３ＨとＢＣレジスタの２２２２Ｈを足すと、その結果は５５５５Ｈになります。この計算結果の５５５５Ｈは、ＨＬレジスタに記憶されて残ります。これがADD命令を使った16ビット加算です。では、アセンブルです。

アセンブリ言語	マシン語
LD HL, 3333H	21 33 33
LD BC, 2222H	01 22 22
ADD HL, BC	09
HALT	76

加算の仕方がわかったところで、●を画面の上から下に向けて表示します。

●を画面の下に向けて表示する

ところで、●を画面の下に向けて表示する場合、なぜ16ビットの加算が必要なのでしょうか。それは、巻末に示したVRAMのメモリ番地表を見るとわかるように、●を表示させるVRAMのメモリ番地が、画面の下にいくにしたがって増えているからです。また、VRAMのメモリ番地がＦ３００Ｈというように、16ビット（２バイト）だからです。

たとえば、最初の●を画面の上のメモリ番地Ｆ３２８Ｈに表示したとします。つぎに、その真下の位置、つまりメモリ番地Ｆ３Ａ０Ｈに２個目の●を表示するには、つぎの図に示すように、最初に●を表示したメモリ番地Ｆ３２８Ｈに120（79番地＋41番地＝120番地）を足さないと、２個目の●を表示するメモリ番地Ｆ３Ａ０Ｈを指定することができません。

そこで、16ビットの加算が必要になるのです。

では、プログラムを作ります。まず、ＬＤ命令で、画面に表示する●のキャラクタコードECHを、Ａレジスタに代入します。

```
LD  A, ECH ←――― ●のキャラクタコードECHをAレジスタに代入
```

この場合は、●を画面の真中を上から下に向けて表示していきますから、1個目の●を表示するVRAMのメモリ番地Ｆ３２８Ｈを、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入します。

```
LD  HL, F328H ←――― メモリ番地F328HをHLレジスタに代入
```

139頁で、ベーシックのFOR～NEXT命令とおなじく、繰り返えし処理をするDJNZ命令について説明しました。このDJNZ命令を使うと、プログラムが短くてすみますから、ここでもDJNZ命令を使います。

139頁で説明したように、DJNZ命令で繰り返えし処理をする場合、繰り返えす回数は、Ｂレジスタにセットします。つまり、画面の上から下に向けて16個の●を表示させるとしたら、Ｂレジスタに16をセットするわけです。16は10進数ですから、16進数になおします。16を16進数になおすと１０Ｈになります。この１０ＨをＬＤ命令を使って、Ｂレジスタにセットします。

```
LD  B, 10H ←――― 繰り返えす回数をBレジスタにセット
```

繰り返えす回数をＢレジスタにセットしたら、つぎに、繰り返えし処理する命令を置いていきます。この場合は、まず●を表示する命令です。●のキャラクタコードECHは、Ａレジスタに代入しました。画面に●を表示するには、Ａレジスタに代入したキャラクタコードECHを、VRAMのアドレスを指定して、そこにＬＤ命令で代入してやればよいわけです。この命令は、つぎのようになります。

```
LD  (HL), A ←――― AレジスタにHL代入したキャラクタコードをVRAMの
                  メモリ番地を指定して代入
```

ADD命令で、メモリ番地に120を加算

さて131頁で、画面の左から右へ●を表示していくとき、INC命令を２回実行させ、ＨＬに記憶されている内容（メモリ番地）に２を足し、その値をＬＤ（ＨＬ），ＡのなかのカッコのなかのＨＬに送り、カッコのなかのＨＬの値を変化させて表示していきました。

画面の左から右への表示の場合は、ＨＬレジスタに記憶されている内容（メモリ番地）に２ずつ足すことで、INC命令を使うことができましたが、この場

合は、さきに説明したように、HLレジスタに記憶されている内容に120を足さないと、つぎに表示する位置の指定ができません。そこで、ADD命令を使うわけです。この場合の加算は、

メモリ番地＋１２０

です。この加算を行うには、さきに説明したように、それぞれの値を16ビットのレジスタに代入しなければなりません。

メモリ番地は足される数なので、HLレジスタに代入します。120は、足す数なので、BCあるいはDEレジスタに代入することになります。

ところで、足される数であるメモリ番地は、すでに2行目でHLレジスタに代入していますから、新たにHLレジスタに代入する必要はありません。足す数である120を、BC、DEレジスタのいずれかへ代入すればよいわけです。ここでは120を、DEレジスタに代入することにします。もちろん、120は10進数ですから、そのままDEレジスタに代入することはできません。120を16進数になおすと、

120＝７８Ｈ

となります。７８Ｈは、8ビット（1バイト）の数です。8ビットの数７８Ｈを、16ビットのDEレジスタに代入するには７８Ｈのまえに００をつけて、

７８Ｈ＝００７８Ｈ ←――００をつけて16ビットにする

というように、16ビットの数にして代入します。

ＬＤ　ＤＥ，００７８Ｈ ←――120をDEレジスタに代入

メモリ番地に足す120をDEレジスタに代入したら、HLレジスタのメモリ番地と、DEレジスタの120をADD命令で加算します。

ＡＤＤ　ＨＬ，ＤＥ ←――HLレジスタの値とDEレジスタの値を足す

ADD命令が実行されて加算された結果は、HLレジスタに記憶されます。

つまり、2行目でHLレジスタに代入したメモリ番地Ｆ３２８Ｈに、DEレジスタに代入した００７８Ｈを、ADD命令で加算したとすると、

Ｆ３２８Ｈ＋００７８Ｈ＝Ｆ３Ａ０Ｈ ←――HLレジスタに記憶される

加算した結果のＦ３Ａ０Ｈは、HLレジスタに記憶されるというわけです。

ここで、巻末に示したVRAMのメモリ番地表をみてください。ADD命令で算出されたＦ３Ａ０Ｈが、2行目でHLレジスタに代入したメモリ番地Ｆ３２８Ｈの真下にあることがわかると思います。

さて、ADD命令で加算した結果の値を、LD (HL), AのカッコのなかのH

Lに送って、その位置に●を表示させます。

このことを、Bレジスタにセットした16回繰り返えさせます。そうすることで●を画面の上から下に向けて表示させて行くことができます。

このことを16回繰り返えさせるためには、DJNZ命令を使って、繰り返えし処理する最初の命令LD (HL), Aが記憶されているメモリ番地に戻さなくてはなりません。

DJNZ命令で戻るべきメモリ番地を指定

DJNZ命令で繰り返えし処理をするには、繰り返えし処理をする最初の命令が記憶されているメモリ番地に戻します。この場合は、LD (HL), Aが記憶されているメモリ番地です。ただし、DJNZ命令の場合、繰り返えし処理をするために戻すメモリ番地の指定は、2バイトのメモリ番地を直接指定する絶対アドレス指定ではなく、1バイトで指定する相対アドレス指定です（145頁参照)。したがって、プログラムをメモリ上に割り当てないと、DJNZ命令で戻るメモリ番地の指定ができませんので、これまで説明してきたプログラムを、メモリ番地C000番地から割り当てることにします。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
C000	3E EC	LD A, ECH
C002	21 28 F3	LD HL, F328H
C005	06 10	LD B, 10H
C007	11 78 00	LD DE 0078H
C00A	77	LD (HL), A
C00B	19	ADD HL, DE
C00C	10 FC	DJNZ C00AH
C00E	76	HALT

DJNZ命令で繰り返えし処理をする最初の命令LD (HL), Aは、上から5行目にあります。マシン語では、77です。この命令が記憶されているメモリ番地は、C00AHです。したがって、アセンブリ言語では、下から2行目に示されているように、

DJNZ C00AH

と、直接2バイトのメモリ番地を書きますが、マシン語の場合は、このように、直接メモリ番地を書くわけにはいきません。

DJNZ命令のマシン語は、10　e－2です。

10　e－2のe－2のところには、1バイトのメモリ番地で指定する相対アドレス指定です。つまり、e－2のメモリ番地から何バイト先のメモリ番地まで戻れ、という指定の仕方です。

この場合、e－2も数えます。したがって右のように、マシン語を逆に数えていきます。77はe－2から数えて－4バイト先にあります。そこで、10のあとにあるe－2のところに、－4を書きます。もちろん－4は10進数ですから、そのまま書くわけにいきません。これを16進数になおします。巻末に示した符号つき16進数表をみると、－4＝FCHとなりますから、

e－2	－1
10	－2
19	－3
77	－4

10　FC ←―― e－2のところにFCと書く

となります。152頁に示したプログラムの下から2行目が、それです。このように数える理由は145頁で説明していますから参照してください。

このように、DJNZ命令で繰り返えし処理をさせると、Bレジスタにセットした値が0になるまで、指定したメモリ番地に戻って繰り返えして処理を行います。この場合は、Bレジスタに10H（10進数で16）を代入しましたから16回繰り返えして、つぎの頁に示す実行結果のように、16個の●を画面の上から下に向けて表示していきます。

Bレジスタに代入した値が0になるのは、DJNZ命令で指定したメモリ番地に戻るたびに、Bレジスタの値から1を引いて戻るからです。Bレジスタの値が0になると、DJNZ命令による繰り返えしをやめて、つぎのメモリ番地に記憶されている命令を実行します。

HALTはENDとおなじ

このプログラムでは、つぎのメモリ番地ＣＯＯＥＨに記憶されているのはHALT命令です。この命令を実行すると、CPUが停止するため、そのまま動かなくなりますから、リセットボタンを押して、解除してください。

この場合、プログラムの最後にHALT命令を使ったのは、ＪＰ命令でメモリ番地５Ｃ６６Ｈにジャンプさせて、ふたたびマシン語のコマンドを受けつけさせるようにすると、表示される＊印で、画面の●が消えてしまうからです。

これで、●を画面の上から下に向けて表示していく、マシン語のプログラムができました。このプログラムを入力して実行させると、高速で処理されるので、●が画面の上から下に向かって描かれていくというよりも、●で一本の線が描かれるように見えますが、キャラクタを画面の上から下に向けて移動させるときは、このプログラムの方法で行います。

では、つぎにこのプログラムのダンプリストと、実行結果を示します。

ダンプリスト

```
C000 3E EC 21 28 F3 06 10 11
C008 78 00 77 19 10 FC 76 FF
```

実行結果

```
mon
*GC000
```

上から下に表示

実行命令

画面の下から上に向けて●を表示

16ビット（2バイト）の減算命令　SBC

148頁で、画面の上から下に向けて●を表示しました。ここではその逆に、画面の下から上に向けて●を表示していくことにします。

画面の上から下に向けて●を表示していくとき、16ビット（2バイト）の加算を必要としましたが、画面の下から上に向けて●を表示していくときは、16ビット（2バイト）の減算が必要になります。

16ビット（2バイト）の減算を行う命令は、**SBC命令**です。加算のときは、16ビット（2バイト）の場合も8ビット（1バイト）の場合も、おなじくADD命令でしたが、減算のときは、8ビット（1バイト）の場合、SUB命令を使います。

さて、16ビットの減算では、HL、BC、DEというレジスタペアを使います。8ビットの減算では、A、B、Cという8ビットのレジスタのままで、減算を行います。

つぎに、16ビットの減算命令SBCの形を示します。

```
SBC  HL, ××
```

16ビットの減算命令SBCでは、うえに示したように、SBC命令のあとにHLレジスタを使います。そのあとにある××のところには、BC、DE、HLといったレジスタペアのうちの、いずれかひとつを選んで置きます。

そしてHLレジスタには、引かれる数を入れます。××のところに置いたレジスタペアには、引く数を入れます。たとえば、つぎのような計算を行うとします。

FFFFH－1111H＝

引かれる数　　引く数

引かれる数FFFFHは、HLレジスタに入れます。引く数1111Hは、BCレジスタに入れることにします。

したがって、この引き算のプログラムは、つぎのようになります。

```
LD  HL, FFFFH ←——— FFFFHをHLレジスタに代入
LD  BC, 1111H ←——— 1111HをBCレジスタに代入
SBC  HL, BC ←——— SBC命令で、HLレジスタからBCレジスタの値を引く
HALT
```

減算命令ＳＢＣを実行すると、ＨＬレジスタのＦＦＦＦＨからＢＣレジスタの１１１１Ｈを引きます。その結果のＥＥＥＥＨは、ＨＬレジスタに記憶されて残ります。これが、SBC命令を使った16ビットの減算です。

では、アセンブルです。

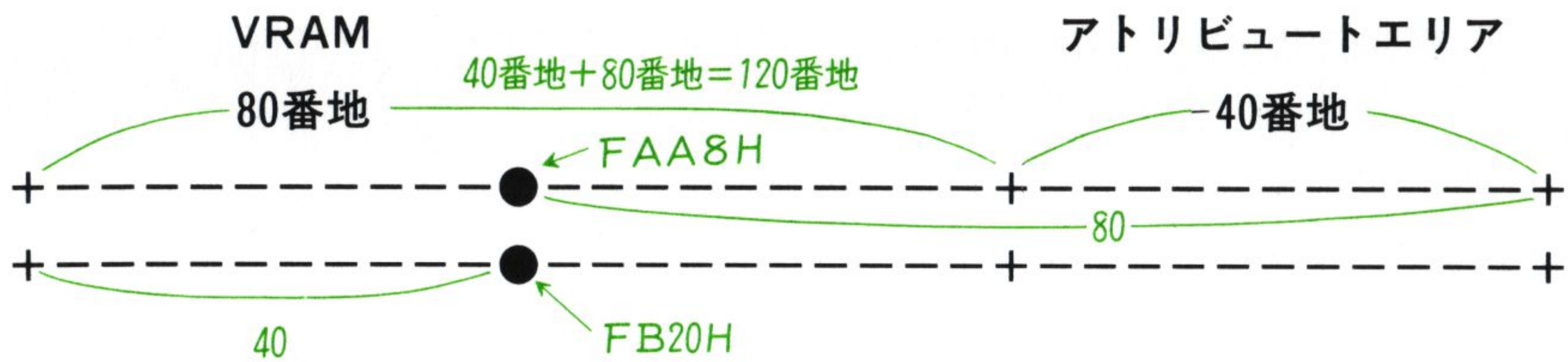
アセンブリ言語	マシン語
LD HL, FFFFH	21 FF FF
LD BC, 1111H	01 11 11
SBC HL, BC	ED 42
HALT	76

さて、16ビットの減算の仕方がわかったところで、●を画面の下から上に向けて表示することにします。

●を画面の下から上に向けて表示する

●を画面の下から上に向けて表示するとき、なぜ、16ビットの減算を使うのかというと、●を画面の上から下に向けて表示する場合と逆だからです。つまり、巻末に示したVRAMのメモリ番地表を見るとわかるように、●を表示させるVRAMのメモリ番地が、画面の上にいくにしたがって、小さくなっていくからです。また、VRAMのメモリ番地がＦＢ２０Ｈというように16ビット（２バイト）だからです。

たとえば、最初の●を画面の下のメモリ番地ＦＢ２０Ｈに表示したとします。つぎにその真上の位置、つまりメモリ番地ＦＡＡ８Ｈに●を表示するには、つぎの図に示すように、最初に●を表示したメモリ番地ＦＢ２０Ｈから120（80番地＋40番地＝120）を引かないと、２個目の●を表示するメモリ番地ＦＡＡ８Ｈを指定することができません。

VRAM　　　　　　　　　　　アトリビュートエリア
80番地　40番地＋80番地＝120番地　40番地
FAA8H　80
40　FB20H

そこで、16ビットの減算が必要になるのです。

では、プログラムを作ります。まず、ＬＤ命令で、画面に表示する●のキャラクタコードECHを、Ａレジスタに代入します。

ＬＤ　Ａ，ＥＣＨ ←―― ●のキャラクタコードECHをAレジスタに代入

この場合は、●を画面の下から上に向けて表示していきますから、１個目の●を表示するVRAMのメモリ番地ＦＢ２０Ｈを、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入します。

ＬＤ　ＨＬ，ＦＢ２０Ｈ ←―― メモリ番地FB20HをHLレジスタに代入

139頁で、ベーシックのFOR～NEXT命令とおなじように、繰り返えし処理するDJNZ命令について説明しました。このDJNZ命令は、Ｚ－80CPUに追加されたＺ－80CPU特有の命令で、非常に便利な命令です。このDJNZ命令を使うと、プログラムが非常に短くなりますから、ここでも、このDJNZ命令を使います。

140頁で説明したように、DJNZ命令で繰り返えし処理をする場合、繰り返えす回数は、Ｂレジスタにセットします。

つまり、画面の下から上に向けて17個の●を表示させるとしたら、Ｂレジスタに17をセットするわけです。

17は10進数ですから、そのままは使うことができません。17を16進数になおすと、１１Ｈです。この１１ＨをＬＤ命令を使って、Ｂレジスタにセット、つまり代入します。

ＬＤ　Ｂ，１１Ｈ ←―― 繰り返えす回数17をBレジスタに代入

繰り返えす回数をＢレジスタに代入したら、繰り返えし処理する命令を並べていきます。この場合は、まず●を表示する命令です。●を画面に表示するには、VRAMのメモリ番地を指定して、そこにＡレジスタに代入したキャラクタコードECHを、LD命令で代入してやればよいのです。この画面表示の命令は、つぎのようになります。

ＬＤ　（ＨＬ），Ａ

SBC命令で、HLレジスタから120を引く

137頁で、複数個のキャラクタを画面に表示していくとき、まず、DEC命令を2回実行させて、HLレジスタに記憶されている内容から2を引きました。そして、その値を、

LD (HL), A

のカッコのなかのHLに送って、カッコのなかのHLの値を変化させて、キャラクタを表示しました。このように、HLレジスタから1とか2とかの小さい数を引くようなときには、DEC命令を使ったほうがよいのです。

この場合は、さきに説明したように、HLレジスタの内容から120という大きな数を引く関係から、SBC命令を使うわけです。この場合の減算は、

メモリ番地－120

です。この減算を行うには、さきに説明したように、それぞれの値を16ビットのレジスタに代入しなければなりません。

メモリ番地は引かれる数なので、HLレジスタに代入します。120は引く数なので、BC、DEというレジスタに代入します。

引かれる数であるメモリ番地は、すでに2行目でHLレジスタに代入していますから、新たにHLレジスタに代入する必要はないわけです。したがって、引く数である120をBCかDEレジスタに代入します。ここでは120をDEレジスタに代入することにします。もちろん、120は10進数ですから、そのままではDEレジスタに代入することはできません。120を16進数になおすと、

120＝78H

となります。78Hは、8ビット（1バイト）の数ですから、このままではだめです。78Hに00をつけて、

78H＝0078H ←──78Hに00をつけて16ビットにする

16ビットの数にして、DEレジスタに代入します。

LD DE, 0078H ←──120をDEレジスタに代入

メモリ番地から引く数120をDEレジスタに代入したら、HLレジスタのメモリ番地からDEレジスタの120を、SBC命令で引きます。

SBC HL, DE ←──SBC命令で引く

SBC命令が実行されて減算された結果の値は、HLレジスタに記憶されます。つまり、2行目でHLレジスタに代入したメモリ番地FB20Hから、DEレ

ジスタに代入した００７８Ｈを引いたとすると、

　　ＦＢ２０Ｈ－００７８Ｈ＝ＦＡＡ８Ｈ

減算された結果のＦＡＡ８Ｈは、ＨＬレジスタに記憶されるというわけです。

ここで、参考のために、巻末に示したVRAMのメモリ番地表をみてください。SBC命令で算出されたＦＡＡ８Ｈが、２行目でHLに代入したメモリ番地ＦＢ２０Ｈの真上にあることがわかると思います。

さて、SBC命令で算出された値を、LD（HL），ＡのカッコのなかのＨ Ｌに送って、その位置に●を表示させます。

このことを、Ｂレジスタにセットした17回繰り返えさせます。そうすることで●を画面の下から上に向けて表示させていくことができます。ところで、このことを17回繰り返えさせるためには、DJNZ命令で、繰り返えし処理する最初の命令LD（HL），Ａが記憶されているメモリ番地に戻します。

DJNZ命令で戻るメモリ番地の指定

DJNZ命令で繰り返えし処理をするには、繰り返えし処理をする最初の命令が記憶されている、メモリ番地に戻さなければなりません。この場合は、ＬＤ（HL），Ａが記憶されているメモリ番地です。

ただし、DJNZ命令の場合、繰り返えし処理のために戻すメモリ番地の指定は、２バイトのメモリ番地を直接指定する絶対アドレス指定ではなく、１バイトで指定する相対アドレス指定です（145頁参照）。

したがって、プログラムをメモリ上に割り当てておかないと、DJNZ命令で戻るメモリ番地の指定ができませんから、これまで説明してきたプログラムをＤ０００番地から割り当てることにします。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	3E EC	LD A, ECH
D002	21 20 FB	LD HL, FB20H
D005	06 11	LD B, 11H
D007	11 78 00	LD DE, 0078H
D00A	77	LD (HL), A
D00B	ED 52	SBC HL, DE
D00D	10 FB	DJNZ D00AH
D00F	76	HALT

DJNZ命令で、繰り返えし処理をする最初の命令LD (HL), Aは、上から5行目にあります。マシン語になおすと、77です。この命令を記憶させるメモリ番地はD00AHです。したがって、アセンブリ言語には、下から2行目に示されているように、

DJNZ D00AH

と、直接2バイトのメモリ番地を書きますが、マシン語のほうには、このように、直接2バイトのメモリ番地を書くわけにはいきません。

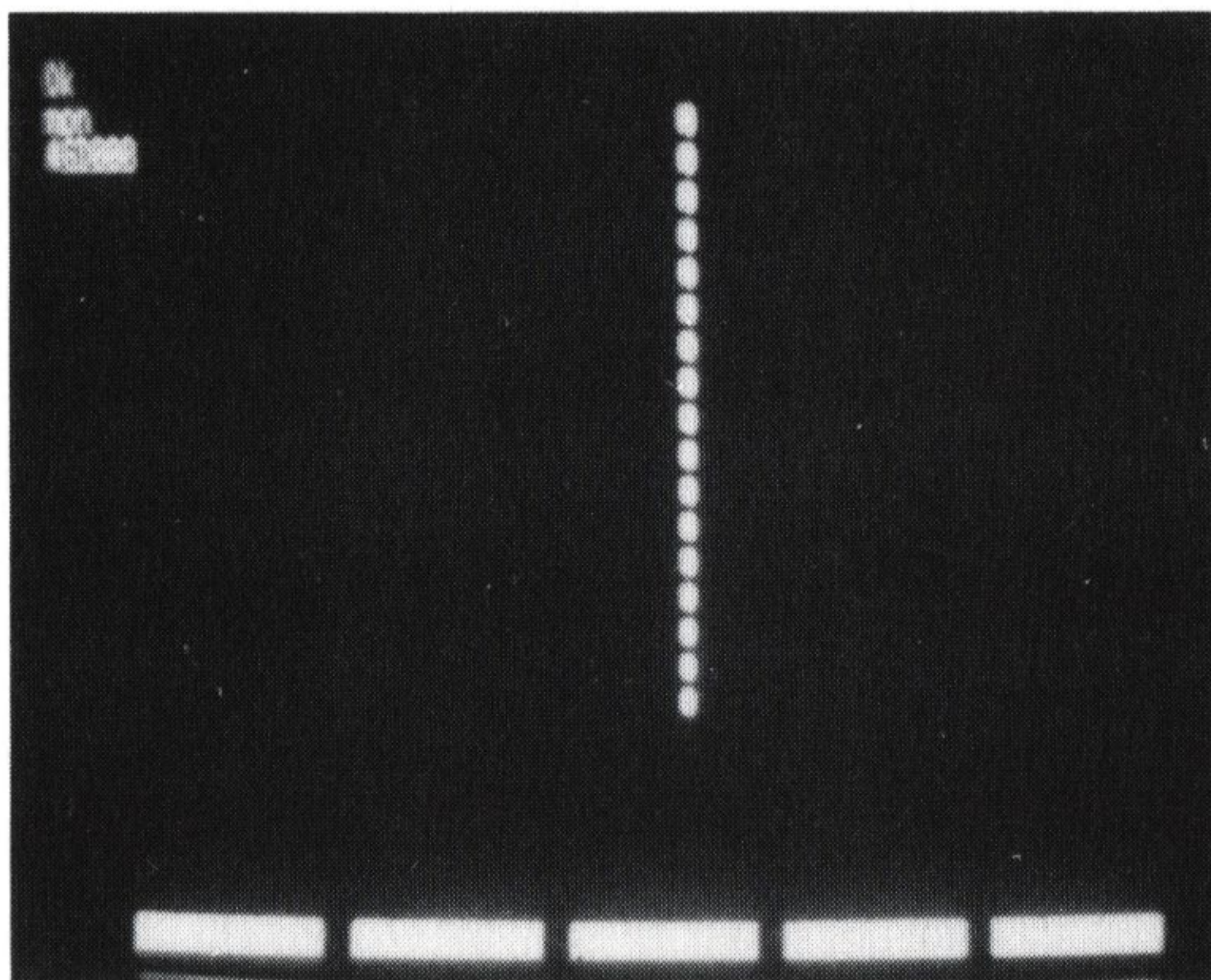
DJNZ命令のマシン語は、10 e－2です。

10 e－2のe－2のところは、1バイトのメモリ番地で指定する相対アドレス指定です。つまり、e－2のメモリ番地から、何バイト先のメモリ番地まで戻れという指定の仕方です。

この場合、e－2も数えます。したがって右のように、マシン語を逆に数えていきます。77はe－2から数えて－5バイト先にあります。そこで、10のあとにあるe－2のところに、－5を書きます。もちろん、－5は10進数ですから、そのまま書くわけにはいきません。これを16進数になおします。巻末に示した符号つき16進数表をみると、－5＝FBHとなりますから、

e－2	－1
10	－2
52	－3
ED	－4
77	－5

10 FB ←――― e－2のところにFBHを書く

となります。159頁のプログラムの下から2行目が、それです。なぜ、このように数えて指定する理由は145頁で説明していますから参照してください。

DJNZ命令は、Bレジスタに代入した値だけ指定したメモリ番地にジャンプして、繰り返えし処理を行います。この場合は、11H（10進数で17）を代入しましたから、17回繰り返えして、つぎの実行結果に示すように●を画面の下から上に向けて表示していきます。

Bレジスタに代入した値が0になると、DJNZ命令による繰り返えしは中止されて、つぎのメモリ番地に記憶されている命令を実行します。この場合はD00FH番地のHALT命令です。HALT命令は、ENDとおなじです。HALT命令については154頁を参照してください。

さてこれで●を下から上に向けて画面に表示していくマシン語のプログラムができました。実行させてみるとわかりますが、高速で処理されるので、ただ●で線が描かれるように見えますが、キャラクタを下から上に向けて移動させるときは、このプログラムの方法で行います。

ではつぎに、このプログラムのダンプリストと、実行結果を示します。

ダンプリスト

```
D000 3E EC 21 20 FB 06 11 11
D008 78 00 77 ED 52 10 FB 76
```

実行結果

```
mon
*GD000
```

実行命令

下から上に●を表示

画面設定の仕方

CALL命令でモニタサブルーチンを呼ぶ

ベーシックでキャラクタを表示するときは、WIDTH命令で画面設定を行います。

```
WIDTH 80, 25 ←――――横80桁、縦25行の画面設定
WIDTH 40, 25 ←――――横40桁、縦25行の画面設定
```

マシン語では、ベーシックのWIDTH命令のような便利な命令はありません。したがって画面設定を行うときは、つぎに示すようにダイレクトモードで、

```
WIDTH 80, 25
              ダイレクトモードで入力してもよい
WIDTH 40, 25
```

と入力して、RETキーを叩いて画面設定をするか、またCALL命令を使って、モニタサブルーチンを呼び出して、画面設定を行います。

CALL命令は、つぎのような形をしています。

```
CALL 〈メモリ番地〉
```

このCALL命令は、マシン語でサブルーチンのあるプログラムを作ったときも、メインルーチンからサブルーチンを呼び出すために使います。ベーシックのGOSUB～RETURN命令のGOSUB命令です。

画面設定を行う場合、CALL命令のあとのメモリ番地には、０９３ＡＨを書きます。このメモリ番地に、画面設定を行うモニタサブルーチンが記憶されています。メモリ番地０９３ＡＨは、ROMにふられているメモリ番地であることはおわかりでしょう。つまりCALL命令で、パソコンに内蔵されているマシン語を利用するわけです。パソコンに内蔵されているマシン語を利用すると、非常に便利なこともありますから、パソコンに内蔵されているマシン語の利用方法をおぼえると役に立ちます。

さて、つぎに示すように、

```
CALL 093AH
```

CALL命令のあとに、メモリ番地０９３ＡＨを書いただけでは、画面設定は行われません。

Bレジスタと Cレジスタに値をセット

まず、最初にＢレジスタとＣレジスタに値をセットします。Ｂレジスタには桁数をセットします。Ｃレジスタには行数をセットします。

Ｂレジスタ＝桁数
Ｃレジスタ＝行数

では、横80桁、縦25行の画面設定を行ってみることにします。

10進数の８０は、16進数では５０Ｈ、10進数の２５は、16進数では１９Ｈです。したがって、この値をＬＤ命令でＢレジスタとＣレジスタに代入します。

```
LD  B, 50H ←——— 10進数の80を入力
LD  C, 19H ←——— 10進数の25を入力
```

そして、CALL命令で、画面設定のモニタサブルーチンのメモリ番地０９３ＡＨを呼び出します。

```
CALL  093AH
```

これで画面は横80桁、縦25行に設定できますが、これだけで実行させると画面は横80桁、縦25行表示に設定されますが、エラーになります。マシン語のプログラムの最後には、HALTか、それに類する命令を置かなければなりません。ひとまずＪＰ命令で、マシン語のコマンドを受けつけるモニタに、ジャンプさせることにします。

```
JP  5C66H
```

では、アセンブルです。

アセンブリ言語	マシン語
ＬＤ　Ｂ，５０Ｈ	０６　５０
ＬＤ　Ｃ，１９Ｈ	０Ｅ　１９
ＣＡＬＬ　０９３ＡＨ	ＣＤ　３Ａ　０９
ＪＰ　５Ｃ６６Ｈ	Ｃ３　６６　５Ｃ

なにかのプログラムのまえに、画面設定のプログラムを置くときは、最後にあるＪＰ　５Ｃ６６は4行目から取って、プログラムの最後につけます。

では159頁に示してある●を画面の下から上に向けて表示していくプログラム

と組み合せて実行させてみることにします。このプログラムの場合、最後はHALT命令を使っています。

画面設定のプログラムは、メモリ番地A０００から入力していくことにします。●を画面の下から上に向けて表示していくプログラムは、メモリ番地A０１０Hから入力します。

つぎに、このプログラムのダンプリストを示します。

ダンプリスト

```
A000 06 50 0E 19 CD 3A 09 FF
A008 FF FF FF FF FF FF FF FF
A010 3E EC 21 20 FB 06 11 11
A018 78 00 77 ED 52 10 FB 76
```

つぎに実行結果を示します。

実行結果

CALL 093AHで画面設定を80×25モードにしての実行結果

なお、メモリ番地０９３ＡＨのモニタサブルーチンは、ＰＣ－8001、ＰＣ－8001MKII、PC－8801・MKII（N－BASICモード）・MKIISR（N－BASICモード）のものです。ほかの機種の場合は、モニタサブルーチンのメモリ番地を確認して、そのメモリ番地をCALLしてください。

画面の下から上に向けてキャラクタを移動する

まえに表示したキャラクタを消すには　XOR　A

さて109頁から164頁までで、いろいろなマシン語の命令を使ってキャラクタを画面に表示しました。ここでは、キャラクタの移動を取りあげて説明することにします。画面の下から上へのキャラクタの移動です。

ベーシックで、キャラクタを移動させる方法は知っていると思います。

キャラクタを表示する

キャラクタが表示されている位置に空白を表示して消す

これの繰り返えしです。マシン語の場合もおなじです。

画面の下から上へキャラクタを表示する方法は155頁で説明した方法です。この方法に、表示したキャラクタを消す命令が追加されるだけです。

追加する命令は、**XOR命令**といって、つぎのような形をしています。

XOR　×

このXORは、排他的論理和を計算する命令です。XORのあとにある×のところには、つぎに示すように、AからLまでのレジスタを置きます。

×＝A、B、C、D、E、H、L

計算するという場合、あるレジスタの内容と、あるレジスタの内容との間で行うものと考えるのがふつうですが、XORのあとには、レジスタを置く×がひとつしかありません。実はXOR命令は、

Aレジスタの内容

×に置かれたレジスタの内容

との間で計算が行われると決まっているからです。たとえば、

XOR　B

と×にBレジスタを置くと、Aレジスタの内容とBレジスタの内容との間で計算が行われます。そして、計算された結果は、Aレジスタに記憶されて残ります。

では、どんな計算を行うのでしょうか。まず、真理値表を示します。

0	0	0	0と0のときは、0になる
0	1	1	0と1のときは、1になる
1	0	1	1と0のときは、1になる
1	1	0	1と1のときは、0になる

さて、Aレジスタの内容が25H、Bレジスタの内容が43Hとします。するとXOR命令は、つぎのような計算を行います。

25H ∀ 43H

∀の記号は、排他的論理和を表わす記号です。もちろん、25Hと43Hは16進数ですから、計算はつぎのように2進数に変換されて行われます。

25H ——→ 0010 0101

43H ——→ 0100 0011

一番右端は、両方とも1ですから、

1 ∀ 1 ＝0

となります。真理値表をみてください。そうなっています。つぎは、0と1ですから、

0 ∀ 1 ＝1

となります。この計算を、ビットごとに順に左へ行っていくと、

```
25H ——————→ 0010   0101
                XOR
43H ——————→ 0100   0011
           ----------------
66H ——————→ 0110   0110
```

ケイの下に、01100110という2進数が求められます。この2進数を16進数に変換すると66Hとなります。

これが、排他的論理和という計算の仕方です。このようなことが、何に役立つのかと考えるかも知れません。ここで大切なことは、0と0が0、1と1が0になるということです。

XOR Aで、空白のキャラクタコードを作る

XOR ×の×のところに、さきに示したように、Aレジスタをも置くことができます。

XOR A

すると、どうなるでしょうか。

Aレジスタの内容

Aレジスタの内容

との間で、排他的論理和の計算が行われることになります。

たとえば、AレジスタにECHを代入したとします。ECHは、●のキャラクタコードです。

```
LD  A, ECH ←―――― ECHをAレジスタに代入
XOR  A ←―――― 排他的論理和の計算を行う
```

すると、さきのような計算が行われます。

```
ECH        1110  1100
               XOR
ECH        1110  1100
        ---------------
           0000  0000
```

ケイの下に、００００００００という２進数が求められました。この２進数を16進数に変換すると、００Ｈです。この００ＨはAレジスタに記憶されて残ります。ベーシックでプログラムを組んだことがある人なら、この００Ｈが何であるかわかると思いますが、この００Ｈは、空白のキャラクタコードなのです。したがって、

```
LD  (HL), A ←―――― キャラクタを表示
XOR  A ←―――― 空白のキャラクタコードを算出してAレジスタに記憶
LD  (HL), A ←―――― 空白を表示
```

とすれば、キャラクタが画面に表示され、つぎに空白が表示されて、表示したキャラクタを消す、ということが行われるのです。

このことを、繰り返しの命令DJNZを使って繰り返すと、キャラクタの移動が行われるというわけです。

●を画面の下から上へ移動する

では、●を画面の下から上に向けて移動するプログラムを作ります。

ここでは、画面設定を変更して、横40桁、縦25行表示にします。画面の下のファンクションキーの内容表示も消します。

画面設定の変更はダイレクトモードでつぎのように入力して行います。

```
WIDTH 40, 25 ↵
CONSOLE ,, 0 ↵
```

DJNZ命令で戻すところはLD A, ECH

●を移動するときに注意することは、DJNZ命令で繰り返えし処理をする最初の命令を、

ＬＤ　Ａ，ＥＣＨ ←―― ●のキャラクタコードを代入

にするということです。なぜなら、表示した●を消すために、XOR命令を使って、Ａレジスタの内容を００Ｈにしてしまうため、繰り返えしＬＤ命令でＡレジスタにECHを代入しないと、●が表示されていかない、ということになるからです。

このように、DJNZ命令で繰り返えす最初の命令をLD A, ECHにすることから、このプログラムでは、まず、●を表示するVRAMのメモリ番地をＨＬレジスタに代入することからはじめます。

この場合、ダイレクトモードで、画面設定を変更しますから、画面の一番下のVRAMのメモリ番地を使うことができます。画面の真中で、画面の一番下のメモリ番地はＦＥ６８Ｈですから、このメモリ番地を、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入します。

ＬＤ　ＨＬ，ＦＥ６８Ｈ ←―― ●を表示するメモリ番地を代入

つぎは、DJNZ命令で、繰り返えす回数をＢレジスタにセットします。画面の一番下から画面の一番上までは25行ですから、25回繰り返えせばよいということになります。10進数の２５は、16進数で１９Ｈです。そこで、ＬＤ命令でＢレジスタに１９Ｈを代入します。

ＬＤ　Ｂ，１９Ｈ ←―― ＤＪＮＺ命令で繰り返えす回数を代入

このあとに、DJNZ命令で繰り返えす命令を並べていきます。まず、表示する●のキャラクタコードECHを、ＬＤ命令でＡレジスタに代入します。

```
LD  A, ECH ←――― ●のキャラクタコードECHを代入
```

つぎは、●の表示です。ECHはAレジスタに代入していますから、それをVRAMのメモリ番地を指定するHLレジスタに、LD命令で代入します。

```
LD  (HL), A ←――― ●を表示する
```

XOR Aで、00Hを算出する

さて、AレジスタのECHを、HLレジスタに代入して●を表示したら、つぎは、表示した●を消すために00Hを算出します。00Hの算出は、さきに説明したように、

```
XOR  A ←――― 空白のキャラクタコード00Hを算出
```

です。XOR命令で算出した00Hは、Aレジスタに記憶されています。したがって、表示した●を消すために、Aレジスタの00Hを、LD命令でHLレジスタに代入して表示します。

```
LD  (HL), A ←――― 空白を表示
```

この場合のHLレジスタの内容、つまりメモリ番地は変化していませんから、●を表示したメモリ番地とおなじメモリ番地に00Hが表示されて、表示されている●が消されます。

SBC命令で、つぎに表示するメモリ番地を算出

Aレジスタの00Hを表示して、表示している●を消したら、つぎに●を表示するメモリ番地を計算して出します。メモリ番地は16ビット（2バイト）です。したがって、計算は16ビットのレジスタで行います。つまり、レジスタペアです。このメモリ番地の算出については156頁を参照してください。

さて、つぎに●を表示するためのメモリ番地を計算するために、まず、LD命令で、120をDEレジスタに代入します。120は10進数です。16進数では78Hですが、8ビットの数と16ビットの数の計算はできませんから、78Hに00Hをつけて、0078Hという16ビットの数にします。したがって、0078Hを、LD命令でDEレジスタに代入することになります。

```
LD  DE, 0078H ←――― 16ビットの数にして代入する
```

0078HをDEレジスタに代入したら、HLレジスタの内容（メモリ番地）からDEレジスタの内容（0078H・10進数で120)を、減算の命令SBCを使って引きます。

SBC　HL, DE ←── HLレジスタの内容からDEレジスタの内容を引く

DJNZ命令で、繰り返えし処理するために戻す

そして、これまで説明した命令を繰り返えし処理するために、DJNZ命令を使います。

10　e－2 ←────DJNZ命令のマシン語

DJNZ命令のあとにあるe－2には、相対アドレスを指定しなければなりません。したがって、これまで説明した命令をまとめて、メモリ番地を割り当てることにします。メモリ番地D０００Hからです。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	21　68　FE	LD　HL, FE68H
D003	06　19	LD　B, 19H
D005	11　78　00	LD　DE, 0078H
D008	3E　EC	LD　A, ECH
D00A	77	LD　(HL), A
D00B	AF	XOR　A
D00C	77	LD　(HL), A
D00D	ED　52	SBC　HL, DE
D00F	10　F7	DJNZ　D008H
D011	C3　66　5C	JP　5C66H

さて、DJNZ命令で、繰り返えし処理をする最初の命令LD　A, ECHは、メモリ番地D００８Hに記憶されています。したがって、うえに示したプログラムの下から２行目に見られるように、アセンブリ言語のほうには、そのメモリ番地D００８Hをそのまま書きますが、マシン語のほうには、そのメモリ番地をそのまま書くことができません。なぜなら、１バイトで指定する相対アドレス指定だからです。このことについては144頁で説明しているので、その頁を参照してください。

ここでは、10　e－2のe－2のところに、

10　F7 ←────相対アドレス

F７とあります。なぜF７となっているかというと、つぎのようにe－2のところから逆に、－1、－2と数えていくからです。

e－2	－1	77	－7
10	－2	EC	－8
52	－3	3E	－9
ED	－4		
77	－5		
AF	－6		

このように、e－2のところから逆に数えていくと、LD A, ECH命令の最初のマシン語3Ｅが、－9個目にあることがわかります。その－9をＤＪＮＺ命令のe－2のところに書くわけです。もちろん、－9は10進数ですから、巻末にある符号つき16進数表をみて、16進数になおして書きます。

－9＝F7H ←――― －9はF7Hになる

DJNZ命令のマシン語にＦ７Ｈを指定すると、Bレジスタにセットした回数だけ、Ｆ７Ｈのところに戻って繰り返えし処理を行います。

DJNZ命令は、指定されたメモリ番地に戻るたびに、Bレジスタの内容から1を引いていきます。そして、Bレジスタの内容が0になると、繰り返えしをやめて、つぎのメモリ番地に記憶されている命令の実行に移ります。

このプログラムの場合はＪＰ　５Ｃ６６Ｈですから、ＪＰ命令でメモリ番地５Ｃ６６Ｈにジャンプして、ふたたびマシン語のコマンドを受けつける＊印を表示します。

これで、画面の下から上に向かって●を移動させるマシン語のプログラムができあがりました。残念なことに、このプログラムの実行結果を示すことができません。

なぜなら、XOR A命令で算出される００Ｈで、画面に表示された●が消されていくからです。それが高速に行われるので、画面では●の移動を確認することができません。もし、確認したいとするなら、ベーシックの命令で画面いっぱいに■を表示しておいて、そのあと、プログラムを実行させると、●が通ったところが抜けるので、●が下から上に移動していったことが確認できます。

なお178頁で、命令の実行を遅らせるウエイト・ループについて説明しています。このウエイト・ループを使うと、それぞれの命令の実行を遅らせることができるので、●の移動を確認することができるようになります。

画面の上から下に向けて キャラクタを移動する

ポイントはXOR Aと，ADD HL，X

165頁で、画面の下から上に向けて、キャラクタを移動していく方法について説明しました。キャラクタを画面の下から上に向けて移動していく場合は、

```
LD (HL), A      ←画面にキャラクタを表示
XOR A           ←空白を算出
LD (HL), A      ←空白を表示して、キャラクタを消す
SBC HL, DE      ←引き算で、つぎに表示するメモリ番地を算出
```

これらの命令を、DJNZ命令で、必要な回数だけ繰り返えさせました。

画面の上から下に向けてキャラクタを移動していく方法も、画面の下から上に向けてキャラクタを移動していく方法と、さして変わるところはありません。変わるところといえば、16ビットの引き算の命令SBCが、16ビットの足し算の命令ADDに変わるということだけです。まず、そのことを知ってもらうために、両方のアセンブリ言語のプログラムを示します。

画面の下から上への移動	画面の上から下への移動
LD HL, FE68H	LD HL, メモリ番地
LD B, 19H	LD B, 繰り返えす回数
LD DE, 0078H	LD DE, 0078H
LD A, ECH	LD A, キャラクタコード
LD (HL), A	LD (HL), A
XOR A	XOR A
LD (HL), A	LD (HL), A
SBC HL, DE	ADD HL, DE
DJNZ D008H	DJNZ D008H
JP 5C66H	JP 5C66H

画面の上から下にキャラクタを移動するプログラムの1行目、2行目、4行目

では、それぞれのレジスタに代入する値が決まっていないので、何が入るのかは文字で示しましたが、使う命令は、左側に示したプログラムとおなじです。

このふたつのプログラムを比べて見ると、違う点は、さきに説明したSBC命令と、ADD命令のひとつだけということがわかると思います。

もうひとつ注意しておいてもらいたいことは、DJNZ命令のあとのメモリ番地が、両方ともおなじＤ００８Ｈとなっています。アセンブリ言語で書くときは、DJNZ命令で戻るメモリ番地をそのまま書くので、おなじメモリ番地になりますが、アセンブルするときは、相対アドレスで指定するので、おなじにはならないということです。

では、画面の上から下へキャラクタを移動する方法について説明します。

画面設定をする

画面の上から下へのキャラクタの移動なので、画面設定を縦25行表示に変更することにします。横の桁数は40のままです。ファンクションキーの表示もそのままにしておきます。この画面設定をベーシックで書くと、

```
WIDTH 40, 25
```

となりますが、これをアセンブリ言語で書くと、つぎのようになります。

```
LD   B, 28H    ←――― Bレジスタに、横の桁数40を代入
LD   C, 19H    ←――― Cレジスタに、縦の行数25を代入
CALL 093AH     ←――― 画面設定のモニタサブルーチンを呼び出す
```

画面設定の説明は162頁で行っていますので、その頁を参照してください。

VRAMのメモリ番地などを決める

つぎは、巻末に示したVRAMのメモリ番地表をみて、キャラクタを最初に表示するメモリ番地を決めます。この場合は、画面の真中で、画面の一番上のメモリ番地Ｆ３２８Ｈを選ぶことにします。選び出したＦ３２８Ｈを、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入します。

```
LD   HL, F328H  ←――― メモリ番地を代入
```

画面の上から下へキャラクタを移動するようなときは、繰り返しの命令DJNZを使って、キャラクタを表示したり、キャラクタを消したりする命令などを繰り返し処理させます。このDJNZ命令を使うと、プログラムが非常に短くなるからです。

DJNZ命令を使うときは、繰り返えし処理する回数をBレジスタに代入することになっています。繰り返えす回数は、キャラクタをどこまで移動させるかで決めます。画面の下には、ファンクションキーの内容が表示されていますから、画面の上から21行目まで移動させることにしましょう。10進数の 21 は、16進数で15Hですから、LD命令でBレジスタに15Hを代入します。

LD　B，15H ←―― 繰り返えす回数をBレジスタに代入

画面設定のところで、Bレジスタに28Hを代入しました。ここで、Bレジスタに15Hを代入しています。LD　B，15Hが実行されると、Bレジスタの内容は新たに代入した値、つまり15Hになります。レジスタも、ベーシックの変数とおなじ働きです。このことを、おぼえておいてください。

キャラクタの表示と消去

さてつぎは、表示するキャラクタは▼とします。▼のキャラクタコードは27Hですから、27HをLD命令でAレジスタに代入します。

LD　A，27H ←―― ▼のキャラクタコード27Hを代入

Aレジスタに27Hを代入したら、Aレジスタの内容27Hの表示です。表示はAレジスタの内容をLD命令で、VRAMのメモリ番地を指定するHLレジスタに代入すればよいのですから、つぎのようになります。

LD　(HL)，A ←―― ▼を表示

キャラクタを表示したら、そのキャラクタを消します。キャラクタを消すには、空白のキャラクタコードが必要です。空白のキャラクタコードを作り出すのが、**XOR　A命令**です。ここで大切なことは、XORのあとにAを置くということです。XOR　Aとすると、Aレジスタの内容同士で排他的論理和を求める計算を行います。このことについては、167頁を参照してください。

Aレジスタに代入したキャラクタコードは27Hでした。したがって、

```
27H        0010  0111
               XOR
27H        0010  0111
          ----------------
           0000  0000
```

となって、2進数の００００００００が求められます。この結果は、Ａレジスタに記憶されます。2進数の００００００００を16進数になおすと、００Ｈです。したがって、Ａレジスタに空白のキャラクタコード００Ｈを代入したことと、おなじことになるのです。

このように、XOR A命令によって００Ｈが算出されて、Ａレジスタは００Ｈになっていますから、表示されているキャラクタを消すために、Ａレジスタの内容を、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入して表示します。

```
LD (HL), A ←――― 空白を表示
```

キャラクタを表示するメモリ番地の計算

最初のキャラクタは、VRAMのメモリ番地Ｆ３２８Ｈに表示しました。上から下にキャラクタを移動していくには、つぎのキャラクタはメモリ番地Ｆ３２８Ｈの真下にある、メモリ番地Ｆ３Ａ０Ｈに表示しなければなりません。

そこでＨＬレジスタの内容（メモリ番地）に120を足します。なぜ120を足すのかについては149頁を参照してください。

120は10進数ですから、16進数になおします。16進数では７８Ｈです。

メモリ番地はＦ３２８Ｈというように、16ビット（2バイト）の数です。７８Ｈは、8ビット（1バイト）の数です。16ビットと8ビットの数とでは計算できませんから、７８Ｈのまえに００Ｈをつけて、００７８Ｈという16ビットの数にします。そして、ＨＬレジスタの内容（メモリ番地）に００７８Ｈを足すために、ＬＤ命令で16ビットのレジスタに代入します。ここでは、ＤＥレジスタに代入することにします。

```
LD DE, 0078H ←――― 足す数を代入
```

つぎにADD命令で、ＤＥレジスタの００７８Ｈを、ＨＬレジスタの内容（メモリ番地）に足します。

```
ADD HL, DE ←――― HLレジスタの内容とDEレジスタの内容を足す
```

最初のメモリ番地はＦ３２８Ｈですから、つぎのように足し算されます。

```
F328H+0078H=F3A0H
```

足し算の結果のＦ３Ａ０Ｈは、ＨＬレジスタに記憶されて残ります。

ところでＦ３Ａ０Ｈは、VRAMのメモリ番地表でみると、最初にキャラクタを表示したメモリ番地Ｆ３２８Ｈの真下にあるメモリ番地です。このようにＨＬレジスタの内容（メモリ番地）に００７８Ｈ（10進数で120）を足してつぎに

表示するメモリ番地を指定していくわけです。

さて、キャラクタを表示し、表示したキャラクタを消す、ということを繰り返えさないと、キャラクタの移動は行われません。そこで、DJNZ命令で、繰り返えし処理する最初の命令に戻します。

繰り返えし処理をする最初の命令は、LD　A, ２７Hです。なぜかというと、XOR　A命令で、Aレジスタの内容が００Hになってしまっているので、新たに２7Hを代入しないと、キャラクタが表示されないからです。

DJNZ命令で戻るメモリ番地の指定

さきに説明したように、DJNZ命令で繰り返えし処理をする最初の命令は、LD　A, 27Hです。この命令に戻すには、1バイトの相対アドレスで指定しなければなりません。そこで、これまで説明してきた命令を、アセンブルして示します。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	06　28	LD　B, 28H
D002	0E　19	LD　C, 19H
D004	CD　3A　09	CALL　093AH
D007	21　28　F3	LD　HL, F328H
D00A	11　78　00	LD　DE, 0078H
D00D	06　15	LD　B, 15H
D00F	3E　27	LD　A, 27H
D011	77	LD　(HL), A
D012	AF	XOR　A
D013	77	LD　(HL), A
D014	19	ADD　HL, DE
D015	10　F8	DJNZ　D00FH
D017	C3　66　5C	JP　5C66H

DJNZ命令で、繰り返えし処理する命令LD　A, ２７Hは、メモリ番地D００FHに記憶されています。したがってアセンブリ言語のほうには、D００FHを書きます。DJNZ命令のマシン語１０のほうには、F８と書かれています。これは、10進数の－8です。このようにDJNZ命令には、1バイトのメモリ番地で指定します。このような指定の仕方を、相対アドレス指定と呼んでいま

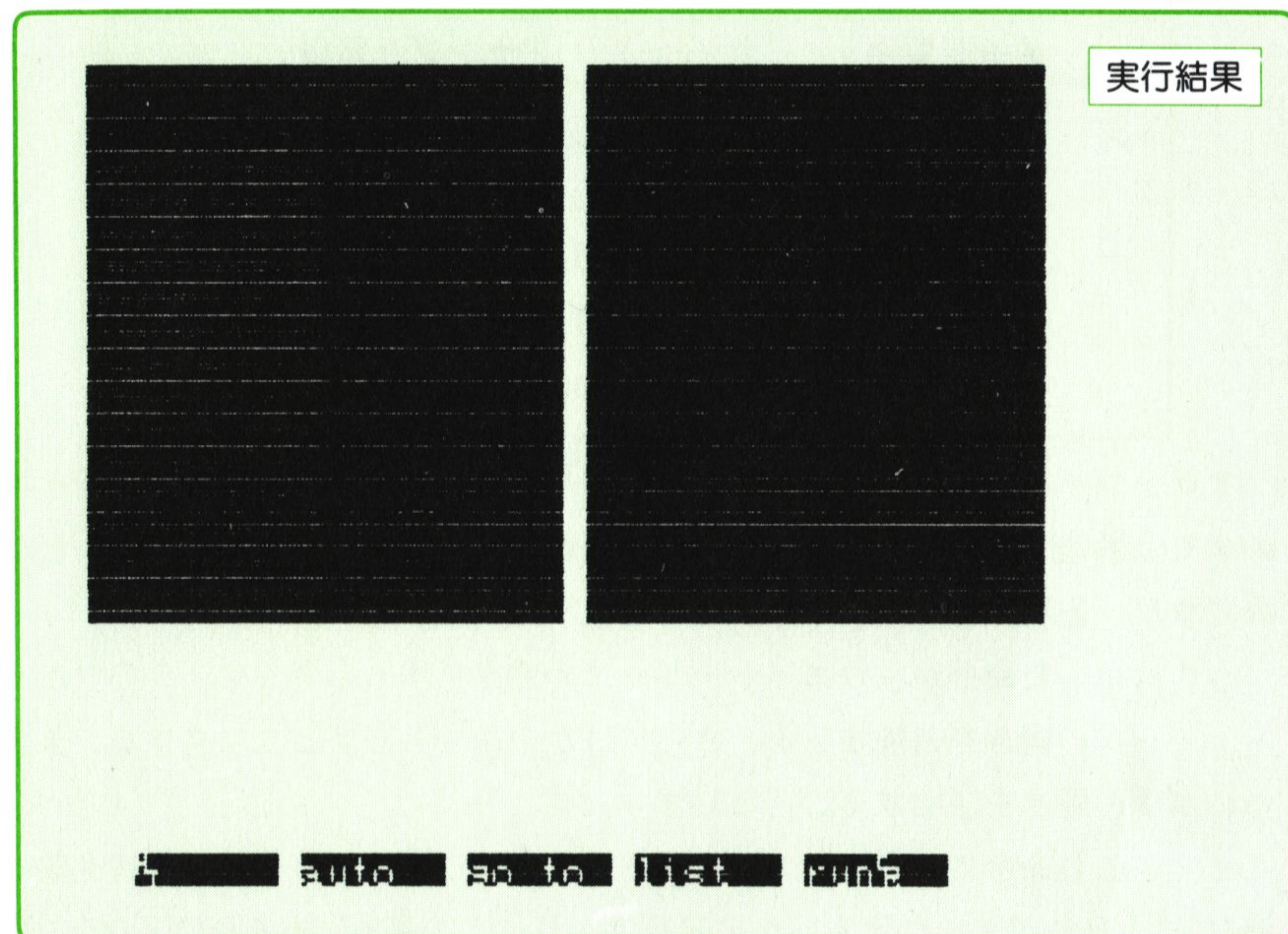
す。相対アドレス指定については145頁を参照してください。

DJNZ命令は、繰り返えし処理する最初の命令に戻るたびに、Bレジスタの内容から1を引きます。Bレジスタの内容が0になると、繰り返えし処理をやめて、つぎのメモリ番地の命令を実行します。この場合は、Bレジスタに15H（10進数で21）を代入しましたから、DJNZ命令で、キャラクタを表示したり、表示したキャラクタを消したりすることを21回繰り返えして、画面の上から下に向けて、キャラクタを移動させていきます。

Bレジスタの内容が0になると、つぎのメモリ番地のＪＰ　５Ｃ６６Ｈを実行します。そこで、ＪＰ命令でマシン語のコマンドを受けつけるメモリ番地にジャンプして、ふたたび＊印を表示することになります。

さて、このプログラムを実行させてみても、非常に高速に処理されるため、キャラクタの移動を確認することができません。どうしても確認したいときはつぎの実行結果に示すように、何かを画面いっぱいに表示して実行させると、キャラクタの通ったところが抜けるので確認できます。

なお178頁で、命令の実行を遅らせるウエイト・ループについて説明します。このウエイト・ループを使うと、命令の実行を遅らせることができるようになるので、キャラクタの移動を確認することができます。

実行結果

命令の実行を遅らせるには

ウエイト・ループ

165頁などでキャラクタを移動させましたが、キャラクタを表示する、キャラクタの表示を消す、という命令の実行が非常に高速に行われるため、画面には何も表示されませんでした。これではキャラクタの移動とはいえないので、

キャラクタを表示する
ウエイト・ループ
キャラクタの表示を消す

というように、ふたつの命令の間にウエイト・ループを入れて、キャラクタの表示を消す命令の実行を遅らせることにします。ベーシックのウエイト・ループは、FOR～NEXT命令ひとつですが、マシン語の場合、こんなに簡単ではありません。まず、ウエイト・ループの部分だけを説明します。

メモリ番地	アセンブリ言語
D009	LD B, FFH
D00B	LD A, FFH
D00D	DEC A
D00E	JP NZ D00DH
D011	DJNZ D00BH

アセンブリ言語の頭にふられているメモリ番地は、マシン語になおしたときのメモリ番地です。したがって、マシン語になおしてメモリ番地をふるべきなのですが、説明の都合上、このようにします。

うえに示した命令が、ウエイト・ループの働きをする命令です。このウエイト・ループの働きを追加すると、さらにほかの命令も必要となりますが、まずこの命令の働きを説明することにします。

さて、ＬＤ命令で、Ｂレジスタに ＦＦＨを代入します。ＦＦＨは、10進数で255です。Ｂレジスタに代入したＦＦＨは、Ｄ０１１番地にあるDJNZ命令の繰

り返えしの回数です。

```
LD  B, FFH ←——Bレジスタに DJNZ命令の繰り返えしの回数を代入
```

つぎにＬＤ命令で、Ａレジスタにもおなじように、ＦＦＨを代入します。

Ａレジスタに代入したＦＦＨを、DEC命令を使って、０になるまで引かせていきます。DEC命令は、指定されたレジスタの内容から、１を引く命令です（132頁参照）。

```
LD  A, FFH ←——Aレジスタに FFHを代入
DEC  A ←——Aレジスタの内容から1を引く
```

このふたつの命令だけでは、Ａレジスタの内容が０になるまで引いていくことはできません。Ａレジスタの内容から１ずつ引くことを、繰り返えさせる命令が必要になります。その命令が、

```
JP  NZ  D00DH
```

です。ＪＰ　ＮＺ命令は、

ゼロ・フラグが０のときメモリ番地にジャンプ

という働きをします。ベーシックでいうとすると、

```
IF NZ=0  THEN 行番号
```

ということになるかもしれません。ではゼロ・フラグとはなにかです。

フラグとは

さて、むずかしいフラグがでてきました。ここでは、必要なゼロ・フラグについてだけ説明します。

フラグは、CPUのなかにある８ビットレジスタで、メモリには第０ビットから第７ビットまでの８つの記憶場所があるように、フラグも８つの記憶場所を持っています。その８つの記憶場所は、つぎのように呼ばれています。

7	6	5	4	3	2	1	0	←ビット番号
S	Z	×	H	×	PV	N	C	←記号
サイン	ゼロ		ハーフキャリー		パリティ	加／減算	キャリー	

さて、ゼロ・フラグは１ビットですから、０か１の値になります。ゼロ・フラグが１か０になるのは演算を行ったときで、

演算結果が０のとき＝１

演算結果が0でないとき＝0

というように変化します。これがゼロ・フラグの働きです。

JP NZ命令は、ゼロ・フラグが0のときだけジャンプ

では、説明をもとに戻します。

```
LD  A, FFH
DEC  A
```

さきに説明したように、この2つの命令は、Aレジスタの内容（FFH）から1を引くという演算です。つまり、DEC Aを1回目実行すると、

FFH－1＝FEH

となりますから、Aレジスタの内容は、まだ0ではありません。したがって、ゼロ・フラグは0になっています。

JP NZ命令は、ゼロ・フラグが0のとき、指定されているメモリ番地にジャンプするわけですから、この場合は、メモリ番地D00DHにジャンプすることになります。メモリ番地D00DHに記憶されている命令は、DEC A命令です。そこで、ふたたびAレジスタの内容から1を引きます。

FEH－1＝FDH

つまり、Aレジスタの内容が0になるまで、

```
D00B  LD  A, FFH
D00D  DEC  A  ←┐
D00E  JP  NZ  D00DH ─┘── Aレジスタが0になるまで繰り返えす
```

このふたつの命令の間を繰り返えすことになります。

DEC A命令によって1ずつ引かれていって、Aレジスタの内容が0になると、ゼロ・フラグは1になります。JP NZ命令は、ゼロ・フラグが0のときだけ、指定されたメモリ番地にジャンプするのですから、ゼロ・フラグが1になると、つぎのメモリ番地の命令の実行に移ります。

つぎのメモリ番地D011Hの命令は、DJNZ命令です。このDJNZ命令は、繰り返えし処理の命令で、Bレジスタにセットされた値だけ、指定されたメモリ番地に戻って、繰り返えし処理を行います。

```
D011  DJNZ  D00BH
```

DJNZ命令に指定されているメモリ番地はD00BH、つまりLD A, FFHです。そこで、ふたたびLD命令でAレジスタにFFHを代入することになり

ます。ということは、またDEC　A命令と、JP　NZ命令を繰り返えすわけです。このことを、Bレジスタで指定したＦＦＨ回、DJNZ命令で繰り返えします。ＦＦＨは、10進数で255ですから、255回繰り返えすことを、さらに255回繰り返えすわけです。

このウエイト・ループをベーシックで書くと、つぎのようになります。

```
FOR I=255 TO 0 STEP -1
FOR J=255 TO 0 STEP -1
NEXT J
NEXT I
```

ベーシックで、こんなウエイト・ループを使ったらたまりません。マシン語でもかなり遅くなります。キャラクタの移動を速くしたいときは、

```
D009 LD B, FFH ←──── FFHを64Hとかに変える
D00B LD A, FFH ←──── FFHを64Hとかに変える
```

うえに示した命令のＦＦＨ（10進数で255）を、６４Ｈ（10進数で100）とか数を小さくします。両方がおなじ数でなくてもかまいません。どちらか一方の数を小さくしても、キャラクタの移動は速くなります。

キャラクタを画面の下から上へ移動する

では、このウエイト・ループを165頁で説明した、キャラクタを画面の下から上に移動するプログラムに使ってみます。このウエイト・ループを使うと、ほかの新しい命令を使う必要がありますが、その命令については、その命令のところで説明することにします。キャラクタを画面の下から上に移動するプログラムは165頁で説明してありますし、ウエイト・ループの説明もすんでいるので、プログラムをさきに示します。アセンブリ言語にふられているメモリ番地は、マシン語にふるメモリ番地です。

```
D000   LD HL, FC88H
D003   LD DE, 0078H
D006   LD B, 15H
D008   LD A, ECH
D00A   LD (HL), A
D00B   PUSH BC
D00C   LD B, 64H   ─┐
D00E   LD A, 64H    │
D010   DEC A        │ ウエイトループ
D011   JP NZ D010H  │
D014   DJNZ D00EH  ─┘
D016   POP BC
D017   XOR A
D018   LD (HL), A
D019   SBC HL, DE
D01B   DJNZ D008H
D01D   JP 5C66H
```

それぞれの命令の働き

では、それぞれの命令の働きを説明していきます。

まず、最初にキャラクタを表示するVRAMのメモリ番地を、ＬＤ命令で、ＨＬレジスタに代入します。

```
LD HL, FC88H
```

ＦＣ８８Ｈは、画面の下、ファンクションキーの表示の上の位置で、画面の真中の位置です。ただし、縦25行表示の場合ですから、WIDTH命令で、

```
WIDTH 40, 25
```

画面設定を変更しなければなりません。

つぎに、ＬＤ命令で、キャラクタを移動させる繰り返しの回数を、Ｂレジスタにセットします。この場合は、画面の下の位置、メモリ番地ＦＣ８８Ｈから画面の上まで、21行ありますから、21を16進数になおした１５Ｈを、Ｂレジ

スタに代入します。

LD B, 15H

このBレジスタにセットした繰り返えす回数は、メモリ番地D01BHの繰り返えしの命令DJNZの繰り返えし処理する回数です。

D01B DJNZ D008H

このDJNZ命令は、メモリ番地D008Hから繰り返えし処理します。つまり、キャラクタを表示したり、表示したキャラクタを消したりなどを、21回行います。

さて、表示するキャラクタを、LD命令でAレジスタに代入します。

LD A, ECH

ECHは、●のキャラクタコードです。まえに取りあげたDJNZ命令は、このLD A, ECHに戻ってきます。ここに戻ってきて、繰り返えし表示するキャラクタをAレジスタに代入するのは、表示したキャラクタを消すために、Aレジスタに空白のキャラクタコード00Hを代入するからです。レジスタも変数とおなじで、あとから何かを代入すると、さきに代入したものが消えてしまうため、繰り返えし表示するキャラクタを代入するのです。

Aレジスタに表示するキャラクタを代入したら、そのキャラクタを画面に表示します。メモリ番地は、HLレジスタに代入してありますから、HLレジスタにAレジスタの内容を代入することになります。

LD (HL), A

キャラクタを画面に表示したら、ウエイト・ループを書いてもよさそうなものですが、そのまえにやることがあります。

PUSH命令で、Bレジスタの内容を退避させる

やることというのは、3行目でBレジスタに代入した繰り返えしの回数を、スタックに退避させることです。退避させる理由は、まえに説明したように、ウエイト・ループでもDJNZ命令を使っているからです。DJNZ命令の繰り返えしの回数は、Bレジスタに記憶させることになっていますから、2つのDJNZ命令で、ひとつのBレジスタを使うことになります。

レジスタは、変数とおなじと説明しました。したがって、同時にふたつの値を記憶することができません。また、DJNZ命令は繰り返えすたびにBレジスタから1を引いていきますから、キャラクタをAレジスタに繰り返えし代入す

るようなわけにはいきません。そこで、PUSH命令を使って、スタックに退避させるわけです。

PUSH命令は、つぎのような形をしています。

```
PUSH XX
```

××には、AF、BC、DE、HLといったレジスタペアを置きます。

このプログラムの場合、Bレジスタの内容をPUSH命令で退避させるわけですから、PUSH命令の××のところにBCと置くことになります。

```
PUSH BC ←──Bレジスタの内容をスタックに退避させる
```

すると、PUSH命令によって、Bレジスタの内容がスタックに退避されます。スタックは、RAMのスタック領域のなかに取られます。

ウエイト・ループを入れる

PUSH命令で、Bレジスタの内容をスタックに退避させたら、ウエイト・ループです。ここでは、まえのＦＦＨを６４Ｈ（10進数で100）にしています。

```
LD B, 64H
LD A, 64H ←──64H（10進数で100）回繰り返えす
DEC A
JP NZ D010H
DJNZ D00EH
```

POP命令で退避させたBレジスタの内容を取り出す

さて、Bレジスタの内容を、PUSH命令でスタックに退避させました。そこで、そのあとにあるDJNZ命令のために、スタックに退避させたBレジスタの内容を取り出します。スタックに退避させた内容を取り出すのは、**POP命令**です。

POP命令は、つぎのような形をしています。

```
POP XX
```

××のところには、PUSH命令で使ったレジスタペアを置きます。このプロ

グラムの場合は、PUSH　BCとしましたから、POP　BCとなります。

これで、スタックに退避させたBレジスタの内容が取り出されてきて、Bレジスタの内容となります。

XOR　A命令で、空白のキャラクタコードを作る

画面に表示されているキャラクタを消すために、XOR　A命令で、空白のキャラクタコードを作ります（167頁参照）。

XOR　A命令で作り出された００Hは、Aレジスタに記憶されています。したがって、画面に表示されているキャラクタを消すには、Aレジスタの内容をメモリ番地を記憶しているHLレジスタに代入してやります。

```
LD (HL), A
```

これで、画面に表示されているキャラクタが消えましたから、つぎのキャラクタを表示する、VRAMのメモリ番地を計算して出します。

キャラクタを表示しているメモリ番地－120

120は、16進数で７８Hで、1バイト（8ビット）の数です。メモリ番地は、FC８８Hというように2バイトの数です。1バイト（16ビット）の数と2バイトの数で、計算することはできませんから、７８Hの頭に００Hをつけて、００７８Hという2バイトの数にします。メモリ番地から００７８Hを引くために、LD命令でDEレジスタに代入します。

```
LD DE, 0078H
```

2バイト（16ビット）の数の引き算の命令は、SBC命令ですから、SBC命令で、HLレジスタの内容からDEレジスタの内容を引きます。

```
SBC HL, DE
```

この計算結果は、HLレジスタに記憶されて残ります。

さて、最初のほうで説明したDJNZがこのあとにきます。

```
DJNZ D008H
```

DJNZ命令で、繰り返えし処理をする命令に戻す場合の指定は、相対アドレス指定です（145頁参照）。DJNZ命令で、繰り返えし処理をする命令に戻るとき、Bレジスタから1を引いて戻ります。Bレジスタの内容が0になると、繰り返えし処理をやめてつぎの命令の実行に移ります。

JP　５C６６Hで、マシン語のコマンドを受けつける*印を表示します。

キャラクタの移動については、165頁を参照してください。

マシン語のプログラム

つぎに、アセンブルしたプログラムを示します。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	21 88 FC	LD HL, FC88H
D003	11 78 00	LD DE, 0078H
D006	06 15	LD B, 15H
D008	3E EC	LD A, ECH
D00A	77	LD (HL), A
D00B	C5	PUSH BC
D00C	06 96	LD B, 96H
D00E	3E 96	LD A, 96H
D010	3D	DEC A
D011	C2 10 D0	JP NZ D010H
D014	10 F8	DJNZ D00EH
D016	C1	POP BC
D017	AF	XOR A
D018	77	LD (HL), A
D019	ED 52	SBC HL, DE
D01B	10 EB	DJNZ D008H
D01D	C3 66 5C	JP 5C66H

アセンブルの仕方（例を参考にしてアセンブル表をみてください）

LD A, 50H＝LD A, ×とn→3E n（nには50H）

LD HL, FC88H＝LD HL, ×とnn→21 nn（nnにはFC88）

LD (HL), A＝LD (HL) とA→77

PUSH BC＝PUSH ×とBC→C5

DEC A＝DEC ×とA→3D

JP NZ D010H＝JP ×, nnとNZ→C2 nn（nnはD010H）

DJNZ D008H＝DJNZ e→10 e−2（e−2は相対アドレス）

SBC HL, DE＝SBC HL, ×とDE→ED 52

XOR A＝XOR ×とA→AF

キャラクタを画面の上から下へ移動する

画面の上から下にキャラクタを移動する場合も、画面の下から上にキャラクタを移動する場合もおなじです。違うところは、キャラクタを表示する最初のVRAMのメモリ番地を画面の下ではなくて、画面の上にとることです。

もうひとつは、つぎのメモリ番地の計算が引き算ではなくて、足し算になることです。

ウエイト・ループの説明、それにともなって追加される命令の説明、画面の上から下にキャラクタを移動させる命令の説明（172頁）など、すべて終わっていますから、つぎに参考までに、マシン語のプログラムを示すにとどめます。

なお、画面設定は、縦25行に変更して実行してください。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	21 28 F3	LD HL, F328H
D003	11 78 00	LD DE, 0078H
D006	06 15	LD B, 15H
D008	3E EC	LD A, ECH
D00A	77	LD (HL), A
D00B	C5	PUSH BC
D00C	06 64	LD B, 64H
D00E	3E 64	LD A, 64H
D010	3D	DEC A
D011	C2 10 D0	JP NZ D010H
D014	10 F8	DJNZ D00EH
D016	C1	POP BC
D017	AF	XOR A
D018	77	LD (HL), A
D019	19	ADD HL, DE
D01A	10 EC	DJNZ D008H
D01C	C3 66 5C	JP 5C66H

画面に表示されているもの すべてを消す

比較命令CPを使って

ベーシックで画面を消去するときは、CLSあるいはPRINT　CHR$（12）を使います。この命令の場合は、ファンクションキーの内容の表示は消えません。ファンクションキーの内容の表示を消すときはCONSOLE ,, 0としなければなりません。マシン語で、画面に表示されているものをすべて消す場合、文字通り、画面に表示されているものすべてを消すことができます。ファンクションキーの内容の表示をもです。

さて、この画面消去では、**ＣＰ命令**という比較命令を使っています。

ＣＰ命令は、つぎのような形をしています。

```
CP   n
```

ＣＰ命令のあとにあるのは、nですから、1バイト（8ビット）の数値を置きます。2バイト（16ビット）の数値を置くことはできません。数値は、当然16進数です。たとえば、ＣＰ命令のあとに、

ＣＰ　０６Ｈ

０６Ｈを置きます。すると、Ａレジスタの内容と０６Ｈを比較し、その結果をゼロ・フラグに入れます。

Ａレジスタの内容＝０６Ｈ

が等しいとき、ゼロ・フラグは、

ゼロ・フラグ＝1

1になります。1になることを、ふつう**1が立つ**といいます。

このように、Ａレジスタの内容とある値とを比較するのが、ＣＰ命令の働きです。ゼロ・フラグに1が立ったあとどうするかは、180頁で説明したJP　NZ命令を使います。

ＣＰ命令とJP　NZ命令の具体的な働きについての説明は、画面消去のプログラムのなかで行うことにします。

VRAMのメモリ番地を指定して、００Ｈを表示する

画面に表示されているものをすべて消すには、空白のキャラクタコード００Ｈを、画面全体に表示させればよいのです。００Ｈを画面全体に表示するには、VRAMのメモリ番地を指定して行います。ただし、この場合はVRAMのメモリ番地内だけでなく、アトリビュートエリアのなかまで００Ｈを表示していく方法です。そうしないと、ファンクションキーの内容を表示している枠が消去されないからです。したがって、００Ｈを表示する最初のメモリ番地はVRAMのＦ３００Ｈ、最後のメモリ番地はアトリビュートエリアのＦＥＢ７Ｈ、ということになります。

まず、VRAMの最初のメモリ番地Ｆ３００Ｈを、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入します。

```
LD  HL, F300H ←――― VRAMの最初のメモリ番地を代入
```

つぎに、画面に表示する空白のキャラクタコード００Ｈを、ＬＤ命令でＡレジスタに代入します。

```
LD  A, 00H ←――― 空白のキャラクタコードを代入
```

Ａレジスタの内容（００Ｈ）を画面に表示するために、ＬＤ命令で、VRAMのメモリ番地を記憶しているＨＬレジスタに代入します。

```
LD  (HL), A ←――― HLレジスタに、Aレジスタの内容00Hを代入
```

これで、最初の００Ｈが、メモリ番地Ｆ３００Ｈに表示されます。

つぎのメモリ番地に００Ｈを表示するためには、ＨＬレジスタの内容を変えなければなりません。VRAMのメモリ番地は、画面の右に行くにしたがってひとつずつ大きくなっています。基本的には、VRAMのメモリ番地は横80桁、縦25行で考えます。

そこで、１をプラスする命令INC命令（123頁参照）を使って、ＨＬレジスタの内容に１をプラスします。

```
INC  HL
```

この命令が実行されると、INC命令は１をプラスする命令ですから、ＨＬレジスタの内容がＦ３００Ｈの場合

```
F300H+1=F301H
```

となります。

Ｆ３０１Ｈは、ＨＬレジスタに記憶されて残ります。

HLレジスタの数値の記憶の仕方

さて、このあとにでてくる比較命令ＣＰのために、ＨＬレジスタの数値の記憶の仕方について説明しておかなければなりません。ＨＬレジスタは、

Ｈレジスタ＝上位ビット（上位２桁）を記憶

Ｌレジスタ＝下位ビット（下位２桁）を記憶

というように記憶しています。Ｆ３０１Ｈの場合を例にとると、上位ビットがＦ３Ｈ、下位ビットが０１Ｈですから、

Ｈレジスタ＝Ｆ３Ｈ

Ｌレジスタ＝０１Ｈ

というように記憶しているわけです。

CP命令で、上位ビットがFEHになったかを比較

さて、Ｈレジスタの内容を、Ａレジスタに代入します。

```
LD  A,H  ←―― 上位ビットをAレジスタに代入
```

これは、ＣＰ命令で、最後のメモリ番地ＦＥＢ７Ｈになったかどうかを比較するためです。ほんとうのところ、ベーシックのように、

```
IF  HL=FEB7  THEN  END
```

としてＨＬレジスタの内容が最後のメモリ番地になったかどうかを比較判定させ、最後のメモリ番地ＦＥＢ７Ｈになったなら、００Ｈを画面全体に表示したことになるので終わり、というようにできると非常に便利です。

ところがマシン語では、このようなことはできません。まず、ＣＰ命令で比較します。このＣＰ命令は、Ａレジスタの内容と比較する、と決まっています。Ａレジスタは８ビットレジスタですから、16ビットのメモリ番地全部を代入することができません。そこでまず、上位ビットを記憶しているＨレジスタの内容を、ＬＤ命令でＡレジスタに代入して、メモリ番地の上位ビットＦＥＨになったかどうかを比較させます。Ａレジスタの内容がＦＥＨになったかどうか比較させるためには、ＣＰ命令のあとにＦＥＨを置きます。

```
CP  FEH ←―― CP命令でAレジスタの内容がFEHになったかどうか比較する
```

このようにすると、Ａレジスタの内容がＦＥＨと等しくなると、ＣＰ命令の働きによって、ゼロ・フラグに１が立ちます。Ａレジスタの内容とＦＥＨが等しくならないうちは、ゼロ・フラグは０になっています。

残念なことに、CP命令は比較するという働きなので、CP命令の働きはここまでです。つまり、ゼロ・フラグに1を立たせるか、立たせないかということまでなのです。その後の働きは、ほかの命令にたよらなければなりません。

JP NZ命令で判定して、その後の行動をする

Aレジスタの内容がFEHと等しくならなければ、まだ画面全体に00Hが表示されていないわけですから、00Hの表示を続けなければなりません。

ゼロ・フラグが0であるか1であるかを判定して、ゼロ・フラグが0のとき指定されたメモリ番地へジャンプする命令があります。180頁で取りあげたJP NZ命令です。そこで、JP NZ命令を使います。

JP NZ 〈ジャンプする先のメモリ番地〉

ゼロ・フラグが0のうち、JP NZ命令がジャンプするさきは、

LD A, 00H ←——JP NZ命令でジャンプするさきの命令

です。なぜ、この命令まで戻すのかというと、途中でAレジスタにHレジスタの内容を代入しているからです。したがって、あらたに00HをAレジスタに代入する必要があるからです。

CP命令で、Aレジスタの内容とFEHが等しくなると、ゼロ・フラグに1が立ちます。ゼロ・フラグに1が立つと、JP NZ命令による指定されたメモリ番地へのジャンプは中止されて、つぎの命令の実行に進みます。

このあとにJP 5C66H、つまりふたたびマシン語のコマンドを受けつける命令を置いて実行させても、画面に表示されているものはすべて消されます。ただ、画面消去ができたからといって、それでいいというわけにはいきません。つぎは、CP命令でメモリ番地の下位ビットの比較を行います。

CP命令で、下位ビットがB7Hになったかを比較

00Hは、最後のメモリ番地FEB7Hまで表示させなければなりません。それには、メモリ番地の上位ビットを記憶しているHレジスタと、最後のメモリ番地の上位ビットFEHの比較だけでなく、メモリ番地の下位ビットを記憶しているLレジスタと、最後のメモリ番地の下位ビットB7Hとを、CP命令で比較します。まえに説明したように、CP命令は、Aレジスタとの比較を行うと決まっていますから、Lレジスタの内容をAレジスタに代入します。

LD A, L ←—— 下位ビットをAレジスタに代入

そして、ＣＰ命令のあとに比較する値を置きます。

ＣＰ　Ｂ７Ｈ　←――― ＣＰ命令で、Ａレジスタの内容がＢ７Ｈになったかどうか比較する

Ａレジスタの内容がＢ７Ｈと等しくなると、ゼロ・フラグに１が立ちますが、等しくならないうちは、ゼロ・フラグは０となっています。

ゼロ・フラグが０のうちは、まだ００Ｈが最後のメモリ番地まで表示されていませんから、JP　NZ命令で、

ＪＰ　ＮＺ　Ｄ００３Ｈ

まで戻します。Ａレジスタの内容とＢ７Ｈが等しくなると、ゼロ・フラグに１が立ちます。ゼロ・フラグに１が立つと、JP　NZ命令によるジャンプは終了します。これで、メモリ番地の上位ビットＦＥＨ、下位ビットＢ７Ｈまで００Ｈの表示ができた、つまり画面全体の消去が終わったわけです。

ふつうは、このあとにプログラムが続くわけですが、ここでは、ＪＰ命令でメモリ番地５Ｃ６６Ｈへジャンプさせます。

では、つぎにアセンブルしたプログラムを示します。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
Ｄ０００	２１　００　Ｆ３	ＬＤ　ＨＬ，Ｆ３００Ｈ
Ｄ００３	３Ｅ　００	ＬＤ　Ａ，００Ｈ
Ｄ００５	７７	ＬＤ　（ＨＬ），Ａ
Ｄ００６	２３	ＩＮＣ　ＨＬ
Ｄ００７	７Ｃ	ＬＤ　Ａ，Ｈ
Ｄ００８	ＦＥ　ＦＥ	ＣＰ　ＦＥＨ
Ｄ００Ａ	Ｃ２　０３　Ｄ０	ＪＰ　ＮＺ　Ｄ００３Ｈ
Ｄ００Ｄ	７Ｄ	ＬＤ　Ａ，Ｌ
Ｄ００Ｅ	ＦＥ　Ｂ７	ＣＰ　Ｂ７Ｈ
Ｄ０１０	Ｃ２　０３　Ｄ０	ＪＰ　ＮＺ　Ｄ００３Ｈ
Ｄ０１３	Ｃ３　６６　５Ｃ	ＪＰ　５Ｃ６６Ｈ

アセンブルの仕方（例を参考にして、アセンブル表をみてください）

INC　HL＝INC　×とHL→２３

LD　A, H＝LD　A, ×とH→７C

CP　FEH＝CP　×とn→FE　n（nにはＦＥＨ）

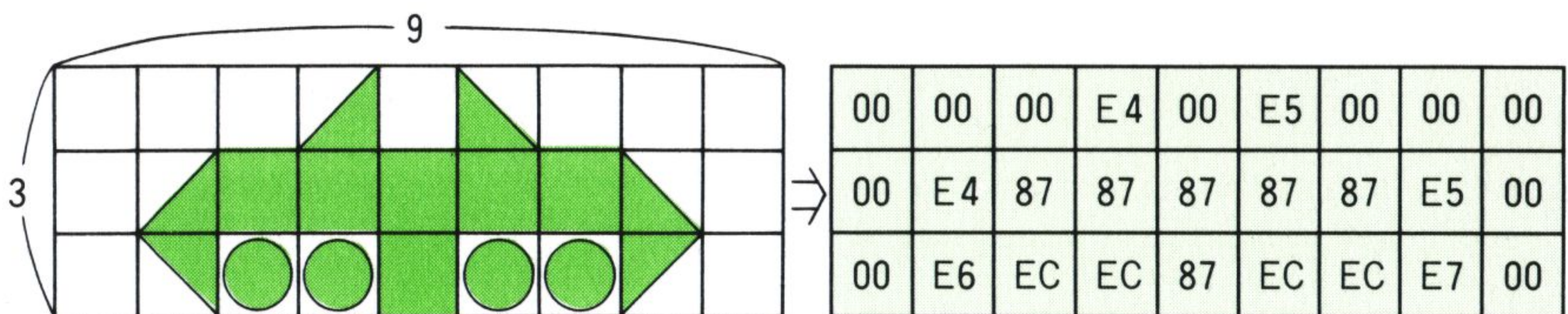
UFOやタンクなどのキャラクタを作るには

グラフィック・シンボルをキャラクタコードになおす

ゲーム・プログラムでは、UFOなどが飛んだり、タンクなどが走り回ったりしています。ここでは、タンクを取りあげて、キャラクタの作り方について説明することにします。

195頁で、ここで説明する方法で作ったタンクの表示の仕方を説明します。また206頁では、弾を発射する方法について説明することにします。

ここで作るタンクは、つぎに示す図のような形のものです。

00	00	00	E4	00	E5	00	00	00
00	E4	87	87	87	87	87	E5	00
00	E6	EC	EC	87	EC	EC	E7	00

まず最初に、自分で表示したいキャラクタを、うえに示した図のように、グラフィック・シンボルで書きます。

ところで、うえに示した図をみると、タンクの左右に空白が取ってあります。この空白は、タンクが左右に移動したとき、あとに表示されているキャラクタの一部分を消すためのものです。この空白がないと、キャラクタの一部分が尾を引いてしまうことになります。

キャラクタが左右に移動するものではなくて、右へ向かって移動するときは、左側に空白を取ります。左に向かってだけ移動するときは、逆に右側に空白を取ります。当然のことですが、移動しないときは、空白は必要ありません。

このように、自分で表示したいキャラクタをグラフィック・シンボルで書いたら、つぎは、それぞれのグラフィック・シンボルが持っているキャラクタコードになおします。キャラクタコードになおすのは10進数ではなく、16進数でなおします。

空白のキャラクタコードは、００Ｈです。したがって、空白のところはすべて００Ｈと書きます。

◢は、キャラクタコードＥ４Ｈですから、Ｅ４Ｈと書きます。◣は、Ｅ５Ｈですから、Ｅ５Ｈと書きます。このように16進数でキャラクタコードを書いていくと、前頁の図の右に示したような表ができあがります。

この表に示したキャラクタコードを、マシン語のプログラムのなかにデータとして設定しておいて、ひとつずつ読み取らせて、画面に表示していきます。

キャラクタコードをデータとして設定して、ひとつひとつ読み取らせ、画面に表示する方法については、195頁を参照してください。

タンクなどのキャラクタを画面に表示する

キャラクタのデータは、LD A, (DE) で読み取る

193頁でタンクを作って、自分が表示したいキャラクタの作り方を説明しましたが、キャラクタの作り方は、意外と簡単だったと思います。

ではここでは、自分で作ったキャラクタの表示の仕方を、タンクの表示の仕方を例にして説明することにします。

193頁で、タンクをグラフィック・シンボルで書きました。そして、それをそれぞれのキャラクタが持っている16進数のキャラクタコードになおしました。その16進数のキャラクタコードが、データとなります。

このデータを設定するメモリ番地は、HALT（ベーシックのEND命令とおなじ）のあとのメモリ番地からとなります。

たとえば、ベーシックでREAD～DATA命令を使うとき、END命令のあとにDATA命令を置いて、そこにデータを設定します。マシン語では、DATA命令はありませんが、それとおなじように、HALT命令のあとのメモリ番地に記憶させるわけです。このキャラクタを表示するプログラムでは、データはつぎに示すように、メモリ番地D０２０Hから割り当てられます。

```
D020  00  00  00  E4  00  E5  00  00  00
D029  00  E4  87  87  87  87  87  E5  00
D032  00  E6  EC  EC  87  EC  EC  E7  00
```

おことわりしておきますが、このデータを記憶させるメモリ番地は、適当にD０２０Hを選んで、割り当てているわけではありません。このキャラクタを表示するプログラムはすでにできあがっていて、プログラムの最初のメモリ番地をD０００Hに割り当てているため、データのメモリ番地がD０２０Hになっているわけです。

キャラクタを表示するプログラムをわかりやすく説明するために、説明の順序が逆になっているのです。

データの最初のメモリ番地をレジスタに代入

つぎに、メモリ番地D020Hから設定したデータを読み取らせます。データを読み取らせるには、まず、LD命令を使って、データに割り当てた最初のメモリ番地D020Hをレジスタに代入します。この場合、メモリ番地は2バイト（16ビット）なので、レジスタペアを使います。つまり、BCレジスタとかDEレジスタです。HLレジスタもありますが、これはキャラクタを画面に表示する、VRAMのメモリ番地を記憶させるために使いますから、ここでは除いておきます。そこで、DEレジスタを使うことにします。

```
LD  DE, D020H
```
←データに割り当てた最初のメモリ番地を代入

そして、DEレジスタに代入したデータの最初のメモリ番地を、Aレジスタに代入します。Aレジスタに最初のメモリ番地を代入する、と説明するとLD命令を使って、

```
LD  A, DE
```

というようにすればよいと考えるかもしれませんが、Aレジスタは1バイト（8ビット）のレジスタなので、2バイト（16ビット）のDEレジスタの内容を代入することはできません。

データを読み取らせるには

ここで、DEレジスタに代入したメモリ番地をAレジスタに代入するということは、DEレジスタに代入したメモリ番地そのものではなく、DEレジスタのメモリ番地で指定したデータをAレジスタに代入する、ということです。そのようにするには、つぎに示すように、DEレジスタをカッコで囲んで、Aレジスタの右側に置きます。

```
LD  A, (DE)
```

このようにすると、DEレジスタのメモリ番地そのものではなく、そのメモリ番地で指定したデータが、Aレジスタに代入されることになります。

さてこれで、DEレジスタのメモリ番地で指定したデータがAレジスタに代入されましたから、つぎは、VRAMのメモリ番地を指定して、データを表示させます。

VRAMのメモリ番地は、HLレジスタに代入します。HLレジスタには、デ

ータを表示する最初のメモリ番地を指定します。この場合は、メモリ番地Ｆ９ＡＦＨを代入します。

```
LD  HL, F9AFH
```

そしてＡレジスタのデータをＨＬレジスタに代入して、画面に表示します。

```
LD  (HL), A
```

これで、１行目の１個目のデータ００Ｈが画面に表示されます。

さて、データをつぎつぎに読み取らせて画面に表示させていくには、命令を追加しなければなりません。そこで、データの部分を除いて、これまで説明した命令をまとめておきます。

```
LD  HL, F9AFH ←―― データを表示するVRAMのメモリ番地を代入
LD  DE, D020H ←―― データの最初のメモリ番地を代入
LD  A, (DE)   ←―― 指定したメモリ番地のデータをAレジスタに代入
LD  (HL), A   ←―― データを画面に表示する
```

データの読み取りと、表示を繰り返えす

データは、１個ではありません。そこで、データの読み取りと、データの表示を繰り返えす必要があります。

データの読み取りを繰り返えして行うには、ＤＥレジスタの内容を、ひとつずつ増やしていく必要があります。なぜなら、データは、

```
D020=00H    D021=00H    D022=00H
D023=E4H    D024=00H    D025=E5H
```

というように記憶されているからです。また、表示するメモリ番地も、最初にＦ９ＡＦＨにデータを表示しましたから、つぎはＦ９Ｂ０Ｈ、そのつぎはＦ９Ｂ１Ｈというように、ひとつずつ増やしていかなければなりません。

１を加算する命令は、INC命令です。INC命令で、ＤＥレジスタの内容と、ＨＬレジスタの内容に１をプラスするには、

```
INC  DE ←―― DEレジスタの内容に１プラス
INC  HL ←―― HLレジスタの内容に１プラス
```

となります。

このINC命令は、１をプラスする命令ですから、このINC命令を含めて繰り返えさなければなりません。

繰り返えす回数は、１行に９個データが並んでいるので、９回繰り返えします。

なぜ、1度にデータ全部の個数だけ繰り返えさないのかというと、1行目はおなじ列に並ぶので、1プラスするだけですみますが、2行目はその列の下、3行目はまたその列の下、というように表示するメモリ番地を変えていかなければならないからです。

さて、9回繰り返えすには、CP命令とJP　NZ命令を使います。繰り返えし専門の命令には、DJNZ命令がありますが、この命令は、このあとに使うので、ここでは使いません。

カウントする命令を置く

この場合はJP　NZ命令（180頁参照）で繰り返えす回数は、9回です。そこで、JP　NZ命令のまえに、回数をカウントする命令を置きます。ベーシックの場合、9という数をカウントさせて、9にならないうちはなにかをさせるときには、

```
C=C+1
IF  C<>9  THEN  行番号
```

というように書きますが、これとおなじようなことをするわけです。

カウントさせるには、まず繰り返えしを始める最初の数を、レジスタに代入します。ここでは、Cレジスタにします。最初の数は1にします。16進数では01Hです。

```
LD  C, 01H
```

つぎに、Cレジスタの01Hを、02H、03Hというように1ずつ増やしていきます。1ずつ加算していく命令は、INC命令ですから、

```
INC  C
```

となります。Cレジスタの内容を、01Hから始めて9回繰り返えして1ずつプラスしていくと、0AH（10進数で10）になりますから、Cレジスタの内容が0AHになったかどうか、比較する命令CP命令で比較させます(188頁参照)。ところで、CP命令はAレジスタの内容と、CP命令のあとに置かれた1バイトの数とを比較すると決まっているので、まず、Cレジスタの内容をAレジスタに代入しておかなければなりません。

```
LD  A, C ←—— Cレジスタの内容をAレジスタに代入
```

そのうえで、CP命令のあとに0AHを置いて比較させます。

```
CP  0AH ←—— CP命令で、Aレジスタの内容と0AHを比較
```

このようにすると、CP命令は、Aレジスタの内容と0AHを比較していって、Aレジスタの内容が0AHと等しくなったとき、CP命令はゼロ・フラグに1を立たせます。Aレジスタの内容が0AHと等しくない間は、ゼロ・フラグは0です。

さきに取りあげたJP　NZ命令は、ゼロ・フラグがゼロのとき、JP命令に指定されたメモリ番地にジャンプします。

JP　NZ〈LD　A,（DE）命令があるメモリ番地を置く〉

この場合は、JP　NZ命令のあとには、LD　A,（DE）のメモリ番地を置きます。つまり、ゼロ・フラグが0のうち、このメモリ番地にジャンプして9回繰り返えすと、つぎの頁の実行結果に示すように、9個のデータがAレジスタに読み取られて、HLレジスタで指定したVRAMのメモリ番地に表示されるわけです。

比較命令CP命令の働きで、ゼロ・フラグに1が立つと、JP　NZ命令はジャンプを終えて、つぎの命令の実行に移ります。

では、これまで説明した命令をまとめて、実行結果を示します。プログラムを完成するには、まだ命令を追加しなければなりません。したがって、マシン語にふられるメモリ番地は、D002番地からとなっています。また、命令が抜けているところには、00Hを入れています。このようにしたのは、JP命令などジャンプする先が違ってしまうと、プログラムが実行されないからです。したがって、このプログラムを実行させるときは、メモリ番地をD002Hから入力し、00Hも必ず入力してください。このプログラムの最後は、JP　5C66Hで、ふたたびマシン語のコマンドを受けつけるようにしています。

なお画面設定は、ダイレクト・モードで、

WIDTH　80，25

に設定して実行してください。このように画面設定を80桁×25行に変更しないと、キャラクタは表示されません。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D002	21　AF　F9	LD　HL，F9AFH
D005	11　20　D0	LD　DE，D020H
D008	00	
D009	00	

D00A	0E 01	LD C, 01H	
D00C	1A	LD A, (DE)	
D00D	77	LD (HL), A	
D00E	23	INC HL	
D00F	13	INC DE	
D010	0C	INC C	
D011	79	LD A, C	
D012	FE 0A	CP 0AH	
D014	C2 0C D0	JP NZ D00CH	
D017	C3 66 5C	JP 5C66H	
D020	00 00 00		
D023	E4 00 E5		→ データ
D026	00 00 00		

つぎに示すのが、実行結果です。

実行結果

```
MON
*GD002
```

PUSH命令でHレジスタ、Bレジスタの内容を退避

さて、1行分のデータを読み取って、画面に表示しました。データは3行あります。したがって、さきにまとめた命令を3回繰り返えさなければ、キャラクタ全体を表示することができません。

さきにまとめた命令を3回繰り返えすには、繰り返えしの命令DJNZ命令を使います。DJNZ命令はプログラムの最後に置くことになりますが、ここでDJNZ命令を取りあげたのは、DJNZ命令を使う場合、繰り返えす回数をBレジスタにセットしなければならないからです。この場合、DJNZ命令で繰り返えす回数は3回ですから、16進数03HをBレジスタに代入します。

```
LD  B, 03H ←—— 繰り返えしの回数を代入
```

この命令は、さきにまとめた命令の一番最初に置きます。

```
LD  B, 03H
LD  HL, F9AFH
LD  DE, D020H
```

と、いうようにです。

この命令のあとに、PUSH命令を使って、Bレジスタに代入した繰り返えしの回数03Hを、スタックに退避させます。

```
PUSH  BC ←—— Bレジスタの内容をスタックに退避させる
```

PUSH命令については183頁を参照してもらうことにして、ここでPUSH命令で、Bレジスタの繰り返えしの回数03Hをスタックに退避させるのは、あとで、BレジスタをBCレジスタペアにして使わなければならないからです。このことはあとでわかります。おなじようにHLレジスタの内容も、PUSH命令を使ってスタックに退避させます。

```
PUSH  HL ←—— HLレジスタの内容をスタックに退避させる
```

なぜ、HLレジスタの内容をスタックに退避させるのかというと、HLレジスタの内容は、つぎのように、

```
F9AFH+0078H ←—— 120を足して2行目のメモリ番地を指定
FA27H+0078H ←—— 120を足して3行目のメモリ番地を指定
```

HLレジスタの内容に0078H（10進数の120）を足して、2行目、3行目にキャラクタを表示させる、メモリ番地の計算に使わなければなりません。

ところが、HLレジスタの内容は、もうひとつのところで使わなければなり

ません。それは、さきにまとめた命令のなかで説明した、

INC HL

です。ここで、1回目にINC命令で9回繰り返えすと、メモリ番地は、

F9B8H

になってしまって、2行目のメモリ番地の指定の計算には役にたたなくなってしまいます。そこで、PUSH命令で、もとのＨＬレジスタの内容が壊されないように、スタックに退避させるわけです。

このふたつのPUSH命令は、さきにまとめた命令のなかで、００Ｈを入れたところがありますが、そのところに入ります。

さて、さきにまとめた命令を実行させるために、ＪＰ ５Ｃ６６命令を入れましたが、その命令は取り去って、そのあとから、これから説明する命令が入ります。

2行目、3行目にキャラクタを表示するメモリ番地の計算

さきにＢレジスタの内容をPUSH命令で退避させました。それは、ここでキャラクタを表示する、2行目、3行目の表示位置を指定するメモリ番地の計算をするために、Ｂレジスタを使うからです。もちろん、メモリ番地は2バイト（16ビット）ですから、Ｂレジスタひとつではありません。ＢＣレジスタペアにして使います。それでもＢレジスタの内容は破壊されてしまいます。そこで、PUSH命令で退避させたわけです。

さてキャラクタを表示する、2行目、3行目の表示位置を指定するメモリ番地の計算のために、００７８Ｈ（10進数で120）を、ＬＤ命令でＢＣレジスタに代入します。

LD BC, 0078H

キャラクタを表示する2行目、3行目の表示位置を計算するために、なぜ００７８Ｈを使うかは151頁を参照してください。

ＢＣレジスタに００７８Ｈを代入したら、POP命令でスタックに退避させたメモリ番地をＨＬレジスタに取り出します。

POP HL

1回目にPUSH命令で退避させたメモリ番地はＦ９ＡＦＨですから、POP命令で取り出されてくるメモリ番地はＦ９ＡＦＨです。

そこでＨＬレジスタの内容とＢＣレジスタの内容をADD命令で加算します。

```
ADD HL, BC
```

ＨＬレジスタの内容はＦ９ＡＦＨ、ＢＣレジスタの内容は００７８Ｈですから、つぎのような足し算が行われます。

```
F9AFH+0078=FA27H
```

加算した結果のＦＡ２７Ｈが、キャラクタを表示する2行目の最初のメモリ番地です。巻末に示した80桁×25行モードのメモリ番地表をみるとＦＡ２７Ｈは、最初のＦ９ＡＦＨの真下のメモリ番地であることがわかると思います。

この加算結果のＦＡ２７Ｈは、ＨＬレジスタに記憶されて残ります。

DJNZ命令で、繰り返えし処理をする最初の命令に戻る

つぎは、DJNZ命令で繰り返えし処理をするため、繰り返えし処理をする最初の処理に戻しますが、そのまえにPUSH命令で、退避させたＢレジスタの内容０３Ｈを取り出してこなければなりません。なぜなら、DJNZ命令で繰り返えし処理をするために戻るとき、Ｂレジスタから1を引いて戻るからです。

```
POP BC ←── スタックに退避させた内容を取り出す
```

ＰＯＰ　ＢＣ命令で取り出されてきた０３Ｈは、ＢＣレジスタのＢレジスタに記憶されています。そこで、DJNZ命令で戻るとき、Ｂレジスタの０３Ｈから1を引くことができるわけです。DJNZ命令で戻る最初の命令は、PUSH　ＢＣ命令です。これは、ＢＣレジスタに記憶されている０３Ｈ-1Ｈの結果の０２Ｈが破壊されないためです。このことは、すでに説明しました。

おなじようにPUSH　ＨＬ命令で、ＨＬレジスタに記憶されているＦ９ＡＦＨ＋００７８Ｈの計算結果のＦＡ２７Ｈが破壊されないためにスタックに退避させます。

あとは、まえに説明した通りですが、DJNZ命令で戻ってきた2回目についておおまかに説明すると、ＤＥレジスタにはＤ０２９Ｈが記憶されているので、LD A,(DE) でＤ０２９Ｈからのデータの読み取りを始めます。ＨＬレジスタにはＦＡ２７Ｈが記憶されていますから、VRAMのメモリ番地ＦＡ２７Ｈからキャラクタの表示を始めることになります。

3回目のＤＥレジスタの内容はＤ０３２Ｈになります。ＨＬレジスタの内容はＦＡ９ＦＨになります。

Ｂレジスタの内容が0になると、DJNZ命令の繰り返えし処理は終了して、つぎの命令の実行に移ります。

アセンブルしたプログラム

では、つぎにこれまで説明した命令をまとめ、アセンブルしたプログラムを示します（画面は、80×25モード）。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	06 03	LD B, 03H
D002	21 AF F9	LD HL, F9AFH
D005	11 20 D0	LD DE, D020H
D008	C5	PUSH BC
D009	E5	PUSH HL
D00A	0E 01	LD C, 01H
D00C	1A	LD A, (DE)
D00D	77	LD (HL), A
D00E	23	INC HL
D00F	13	INC DE
D010	0C	INC C
D011	79	LD A, C
D012	FE 0A	CP 0AH
D014	C2 0C D0	JP NZ D00CH
D017	01 78 00	LD BC, 0078H
D01A	E1	POP HL
D01B	09	ADD HL, BC
D01C	C1	POP BC
D01D	10 E9	DJNZ D008H
D01F	76	HALT

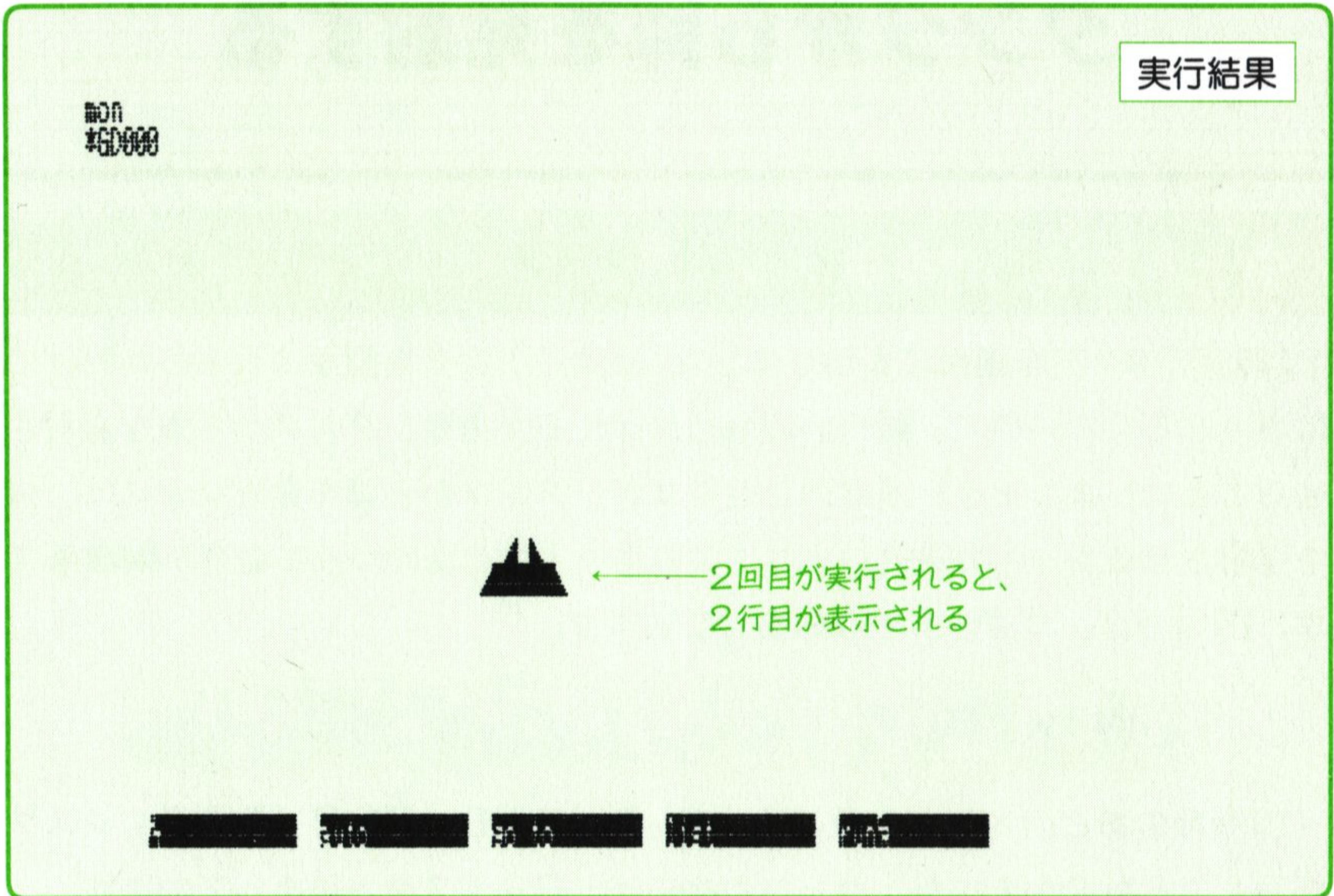
データ

D020	00 00 00 E4 00 E5 00 00 00
D029	00 E4 87 87 87 87 87 E5 00
D032	00 E6 EC EC 87 EC EC E7 00

つぎに実行結果を示します。2回目を実行すると、まえに示した実行結果の下に、そのデータのキャラクタが表示されます。

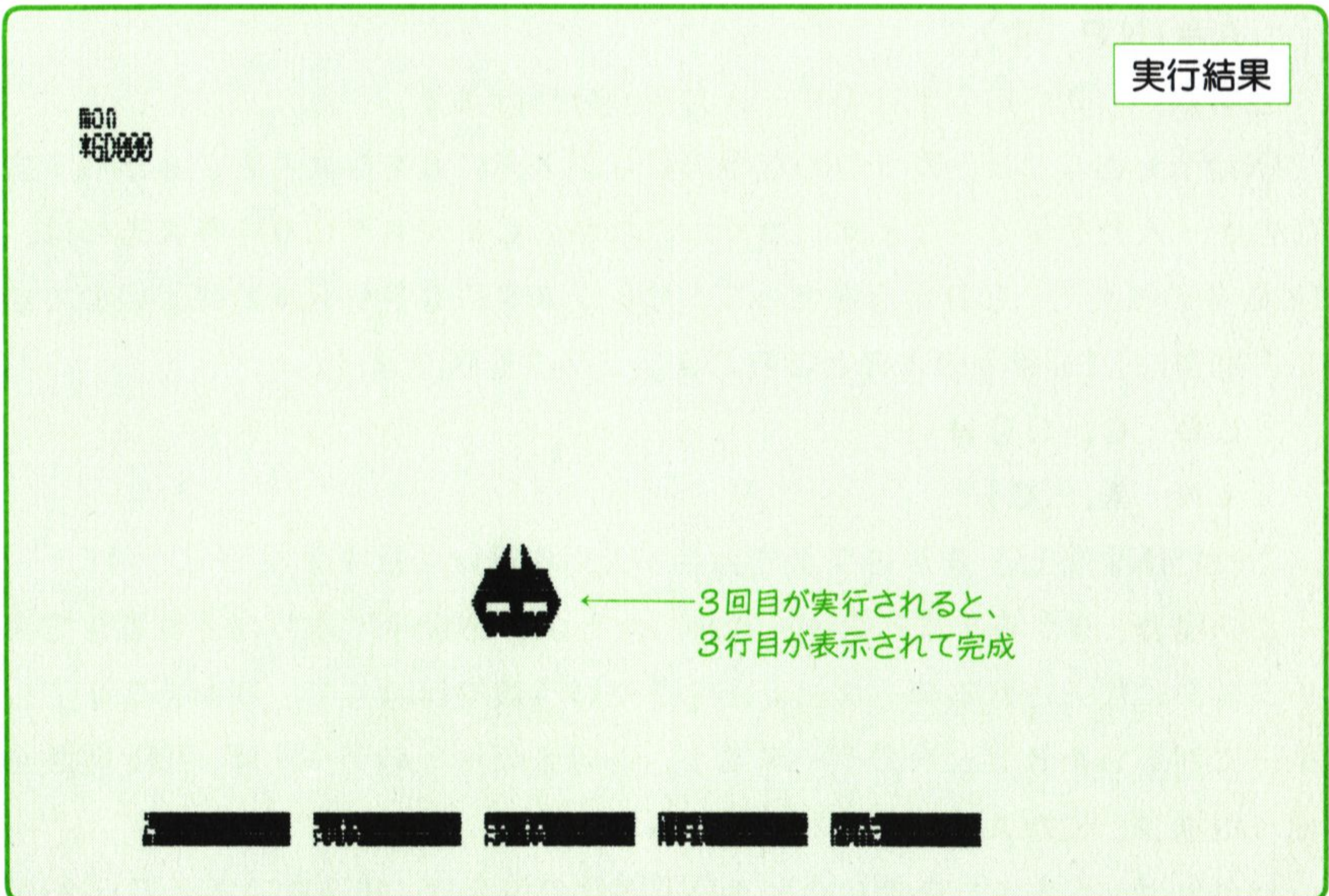
実行結果

```
mon
*GD000
```

2回目が実行されると、
2行目が表示される

3回目を実行すると、2回目の実行結果の下に、3行目のデータのキャラクタが表示されて完成です。

実行結果

```
mon
*GD000
```

3回目が実行されると、
3行目が表示されて完成

タンクから弾を発射する

キー入力は、IN命令

195頁でタンクを画面に表示しました。ただ、タンクを画面に表示しただけではおもしろくないので、新しい命令をおぼえるために、タンクから弾を発射させることにしましょう。当然のことですが、タンクから弾を発射するには、弾を発射させるキー入力を行います。このキー入力を受けつける命令が**IN命令**です。IN命令は、つぎのような形をしています。

```
IN  ×,(C)
```

IN命令のあとの×のところには、A、B、C、D、E、H、Lの各レジスタを置くことができますが、カッコのなかは、Cレジスタと決まっています。

このIN命令の働きは、ベーシックのINP関数の働きとおなじです。ベーシックのINP関数は、たとえばつぎのように、カッコのなかを、

```
A=INP (0)
```

とすると、0から7までのキー入力を受けつけます。

IN命令もおなじで、カッコのなかのCレジスタに0を与えると、0から7までのキー入力を受けつけます。カッコのなかのCレジスタに0を与えるには、IN命令のまえで、LD命令を使って、Cレジスタに0を代入すればよいのです。この場合は、IN命令の×のところにAレジスタを置きます。

```
LD  C, 00H
IN  A, (C)
```

これでIN命令は、0から7までのキー入力を受けつけます。

この場合、0から7までのキーを押したとき、IN命令で取り出されてきてAレジスタに代入されるデータは0から7という数ではなくて、0から7までのキーに対応した8ビットのデータです。この8ビットのデータは、INP関数を使った場合、変数Aに代入される値とおなじです。

たとえば、5のキーを押したときINP関数の場合は、10進数で考えて、223が

変数Aに代入されることになりますが、IN命令の場合は、16進数で考えて8ビットのDFHがAレジスタに代入されることになります。

では、つぎに0から7までのキーを押したときに、IN命令で取り出されてきて、Aレジスタに代入される8ビットのデータを示します。

0のキーを押すと、FEH（10進数で254）
1のキーを押すと、FDH（10進数で253）
2のキーを押すと、FBH（10進数で251）
3のキーを押すと、F7H（10進数で247）
4のキーを押すと、EFH（10進数で239）
5のキーを押すと、DFH（10進数で223）
6のキーを押すと、BFH（10進数で191）
7のキーを押すと、7FH（10進数で127）

このように、押されたキーの入力を受けつけて、8ビットのデータを取り出して、Aレジスタに代入するのがIN命令の働きです。

CP命令で比較する

さて、IN命令のカッコのなかのCレジスタに0を代入すると、0から7までのキーの入力ができるようになりますが、弾を発射するというような場合は、ふつう押すキーを限定します。

ベーシックでは、弾丸を発射するというような場合は、ふつうINKEY$関数を使いますが、説明の都合上、INP関数で行います。たとえば、5のキーが押されたときに弾丸を発射する場合、つぎのように、IF～THEN文を使って、INP関数で取り出されて、変数Aに代入された値が223であるかどうかを判定して、実行させます。

```
A=INP (0)
IF  A=223  THEN  350
```

IN命令の場合もおなじです。5のキーが押されたとき弾丸を発射するという場合、つぎに示すように、比較をするCP命令（188頁参照）を使って、IN命令で取り出されてきてAレジスタに代入された8ビットのデータが、DFH（10進

数で223）であるかどうか、比較させます。比較する値DFHは、CP命令のあとに置きます。

```
LD  C, 00H ←── Cレジスタに00H（10進数で0）を代入
IN  A, (C) ←── IN命令で、押されたキーのデータを取り出してAレジスタに代入
CP  DFH    ←── CP命令で、Aレジスタの値がDFHかどうか比較する
```

CP命令は、Aレジスタの内容と比較すると決まっているので、IN命令を使うときは、取り出されてくる8ビットのデータをAレジスタに代入するようにしたほうが便利です。

さて、Aレジスタのデータと、CP命令に置かれているDFHとが等しいときCP命令の働きで、ゼロ・フラグに1が立ちます。Aレジスタのデータと DFHと等しくないときは、ゼロ・フラグは0です。比較するCP命令の働きは、このように、Aレジスタの内容とある値と比較するという命令です。

ゼロ・フラグに1が立ったときに、弾を発射するところにジャンプするという、つぎの実行に移すには、もうひとつの命令が必要になります。

JP Z命令は、ゼロ・フラグが1のときジャンプする

180頁で、JP NZ命令について説明していますが、JP NZ命令は、ゼロ・フラグが0のとき条件が成立して、JP NZ命令に示されているメモリ番地にジャンプします。

これに対して、JP Z命令は、ゼロ・フラグが1のとき条件が成立して、JP Z命令に示されているメモリ番地にジャンプします。弾丸を発射する場合は、JP Z命令のあとに、弾を発射する最初の命令のあるメモリ番地が置かれますから、そのメモリ番地にジャンプすることになります。

JP NZ	ゼロ・フラグが0のとき指定されたメモリ番地にジャンプ
JP Z	ゼロ・フラグが1のとき指定されたメモリ番地にジャンプ

JP命令のあとにNZがあるか、Zがあるかで、このように相違しますから注意して使わなければなりません。

さてここでは、キー入力があったときタンクから弾を発射させるだけにしますから、JP Z命令のあとにJP命令を置いて、キー入力があるまで、LD C, 00H命令にもどして、キー入力待ちの状態にします。

```
JP <LD C, 00H命令がある番地>
```

以上が、弾を発射するキー入力の命令です。つぎにまとめて示します。

```
LD  C, 00H
IN  A, (C)
CP  DFH
JP  Z <弾を発射するメモリ番地>
JP  <LD C, 00H命令があるメモリ番地>
```

キー入力があるまで
キー入力待ちの状態になる

キー入力があると
ジャンプする

この弾丸を発射する命令は、つぎのタンクを表示する命令につづきます。

弾を発射するタンクを表示する

弾丸をタンクから発射するために、まずタンクを画面に表示します。タンクを表示するプログラムは204頁で説明したプログラムとおなじです。違う点は弾を画面の上に向けて発射するために、タンクを表示するVRAMのメモリ番地を、つぎのようにＦＣ８０Ｈに下げただけなので、説明を省略します。

```
LD  HL, FC80H
```

弾丸を発射する

弾丸を発射するプログラムのなかでは、新しく取りあげたという命令はありません。またプログラムが少し長いので、まず、アセンブリ言語で書いたプログラムを示し、そのあとで説明を加えていくことにします。

```
LD  B, 13H
LD  DE, 0004H
ADD  HL, DE
LD  A, ECH
LD  (HL), A
PUSH  BC
LD  B, F0H
LD  A, F0H
DEC  A
JP  NZ <DEC A のメモリ番地>
DJNZ <LD A, F0Hのメモリ番地>
```

ウエイト・ループ

```
POP BC
LD (HL), A
LD DE, 0078H
SBC HL, DE
DJNZ D056H
JP <タンクを表示させるD000番地>
```

では、それぞれの命令の働きについて説明します。

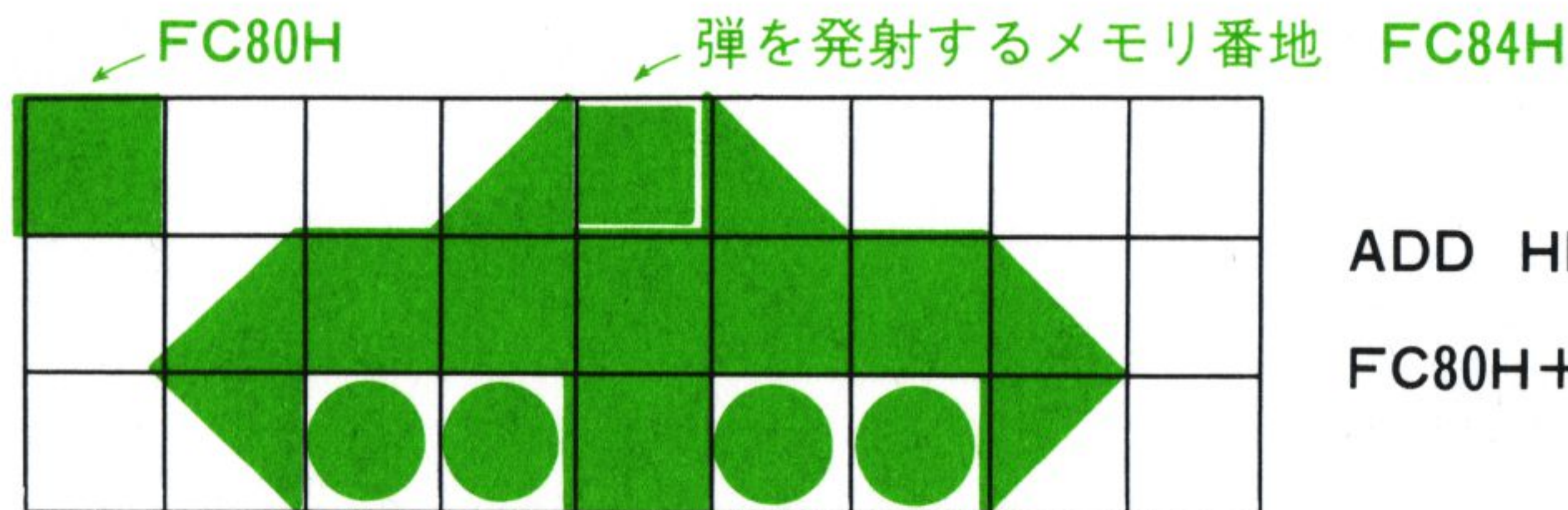
弾を発射するキー入力があると、このプログラムの最初の命令にジャンプしてきます。最初の命令は、

LD B, 13H

で、ＬＤ命令でＢレジスタに１３Ｈ（10進数の19）を代入します。弾をタンクから画面の上まで表示していくには、弾を表示したり、消したりということを19回繰り返えして行わなければなりません。繰り返えしは、繰り返えし専門の命令であるDJNZ命令で行います。DJNZ命令で繰り返えす回数は、Ｂレジスタにセットしておくものと決まっていますから、まず、ＬＤ命令で、DJNZ命令で繰り返えす回数１３Ｈ（10進数で19）を、Ｂレジスタに代入します。

LD DE, 0004H

は、ＬＤ命令で、ＤＥレジスタに０００４Ｈ（10進数で４）を代入します。なぜ、ＨＬレジスタに０００４Ｈを代入するのかというと、ＨＬレジスタにはつぎの図に示すように、タンクを表示したVRAMのメモリ番地ＦＣ８０Ｈが記憶されています。弾を発射する位置は、そのVRAMのメモリ番地より４番地右側によった位置だからです。

FC80H　弾を発射するメモリ番地　FC84H

ADD HL, DE

FC80H＋0004H＝FC84H

そこでＤＥレジスタに０００４Ｈ（10進数で４）を代入して、ＨＬレジスタのメモリ番地に０００４Ｈをプラスし、その位置から弾を発射するわけです。

ADD HL, DE

で、さきにＬＤ命令でＤＥレジスタに代入した０００４Ｈと、ＨＬレジスタに記憶されているVRAMのメモリ番地ＦＣ８０ＨとをADD命令で加算します。この加算結果のＦＣ８４Ｈは、ＨＬレジスタに記憶されて残り、弾を最初に表示するVRAMのメモリ番地となります。

LD A, ECH

で、画面に表示する●のキャラクタコードECHをＡレジスタに代入します。ここで、Ａレジスタに代入した●のキャラクタコードECHは、つぎにＬＤ命令で、ＨＬレジスタに代入されて、

LD (HL), A

画面に表示されます。ＨＬレジスタの内容は、さきにADD命令で計算された結果のＦＣ８４Ｈです。

さて、●を表示して、すぐに●を消したのでは、命令が高速に処理されるため、●が画面に表示されません。そこで●を表示したあと、●を消す命令の実行を遅らせます。そのようにするには、178頁で説明しているウエイト・ループを使います。このウエイト・ループでも、DJNZ命令を使います。したがって、Ｂレジスタをも使うことになります。Ｂレジスタは、まえにも使っていますから、まえにＢレジスタに記憶させた内容が破壊されないように、PUSH命令でスタックに退避させます。

PUSH BC

この場合、Ｂレジスタという１バイトのレジスタでは、スタックに退避させることはできません。そこで、ＢＣレジスタペアにして退避させることになります。Ｂレジスタに記憶されていた内容を、PUSH命令でスタックに退避させたら、ウエイト・ループを置きます。

```
LD B, F0H
LD A, F0H ←──────────────────┐
DEC A ←─────────────────┐    │
JP NZ <DEC A のメモリ番地> ─┘    │
DJNZ <LD A, F0Hのメモリ番地> ────┘
```

この場合は、ＬＤ命令でＢレジスタにＦ０Ｈ（10進数で240）、ＬＤ命令でＡレジスタにＦ０Ｈを代入していますから、最初、

```
LD  A, F0H
DEC  A  ←──┐
JP  NZ  〈DEC  Aのメモリ番地〉─┘
```

内側の命令を実行します。ＤＥＣ命令は１を引く命令です。したがって、Ａレジスタの内容が０になるまで、JP　NZ命令でDEC　A命令にジャンプして、DEC　A命令を繰り返えします。Ａレジスタの内容が０になると、ゼロ・フラグに１が立ちますから、JP　NZ命令による繰り返えしはやめて、つぎの命令DJNZ命令を実行します。DJNZ命令は、ＢレジスタのＦ０Ｈから１を引いて、LD　A,Ｆ０Ｈ命令を実行して、ＡレジスタにＦ０Ｈを代入しますから、さきに説明したことを、ふたたび繰り返えします。

このことを、Ｂレジスタの内容が０になるまで繰り返えすと、ウエイト・ループから抜け出して、画面に表示されている●を消すことになります。ウエイト・ループについては178頁を参照してください。

さて、表示されている●を消します。●を消すには、185頁で説明しているように、XOR　A命令を使いますが、ここではウエイト・ループでＡレジスタが００Ｈ（10進数で０）になっていますから、そのままＡレジスタの内容をＨＬレジスタに代入することになります。

```
LD  (HL), A
```

これで、画面に表示されている●は消されます。

つぎは、つぎの●を表示するためのVRAMのメモリ番地の計算です。

VRAMのメモリ番地は、画面の上に行くにしたがって、メモリ番地が小さくなっていきますから、VRAMのメモリ番地を記憶しているＨＬレジスタから００７８Ｈ（10進数で120）を引きます。なぜ、００７８Ｈ（10進数で120）を引くかは185頁を参照してください。引き算の計算を行うためには、ＬＤ命令で００７８ＨをＤＥレジスタに代入します。

```
LD  DE, 0078H
```

そのうえで、２バイト（16ビット）の引き算の命令ＳＢＣを使って、HLレジスタの内容からＤＥレジスタの内容を引きます。

```
SBC  HL, DE
```

この引き算の結果は、ＨＬレジスタに記憶されて残ります。そして、つぎの●を表示する、VRAMのメモリ番地の指定となります。

これで、●を表示して消すという命令は終わりです。そこで、このことを●が画面の上にたどりつくまで、つまり、最初にBレジスタにセットした13Hが0になるまで、繰り返えしの命令DJNZ命令で、繰り返えし処理する最初の命令が記憶されているメモリ番地に戻します。

DJNZ命令で、繰り返えしを始める最初の命令、ここでは、LD A, ECHに戻るとき、Bレジスタから1を引いて戻りますから、Bレジスタから1を引くことができるように、PUSH BC命令でスタックに退避させたBレジスタの内容を、POP命令で取り出します。

POP BC

POP BC命令でスタックから、PUSH BC命令でスタックに退避させた内容を、BCレジスタに取り出すと、

DJNZ <LD A, ECHのメモリ番地>

その内容から1を引いて、DJNZ命令で、繰り返えし処理する最初の命令が記憶されているメモリ番地に戻ります。

DJNZ命令の繰り返えし処理する回数は、最初にBレジスタに代入した13H（10進数で19）回です。したがって、Bレジスタの13Hが0になると、DJNZによる繰り返えし処理は終了して、つぎの命令の実行に移ることになります。

DJNZ命令による繰り返えしが終了したということは、発射した弾が画面の上まで上がったということですから、ふたたび、タンクを表示させるD000番地に戻します。その命令に戻す命令は、JP命令です。JP命令のあとに、戻すべき命令が記憶されているメモリ番地を置くと、無条件にそのメモリ番地にジャンプします。

JP <タンクを表示させるD000番地>

これで、タンクから弾を発射するプログラムは終了です。

タンクを表示するデータ

この弾を発射するプログラムのあとに、タンクを画面に表示するデータを置きます。タンクを表示するデータは195頁で説明したのと、この場合はまったくおなじですので、説明は省略します。プログラムを実行するにはWIDTH 命令で80桁、25行表示にし、テンキーの[5]のキーを押してください。

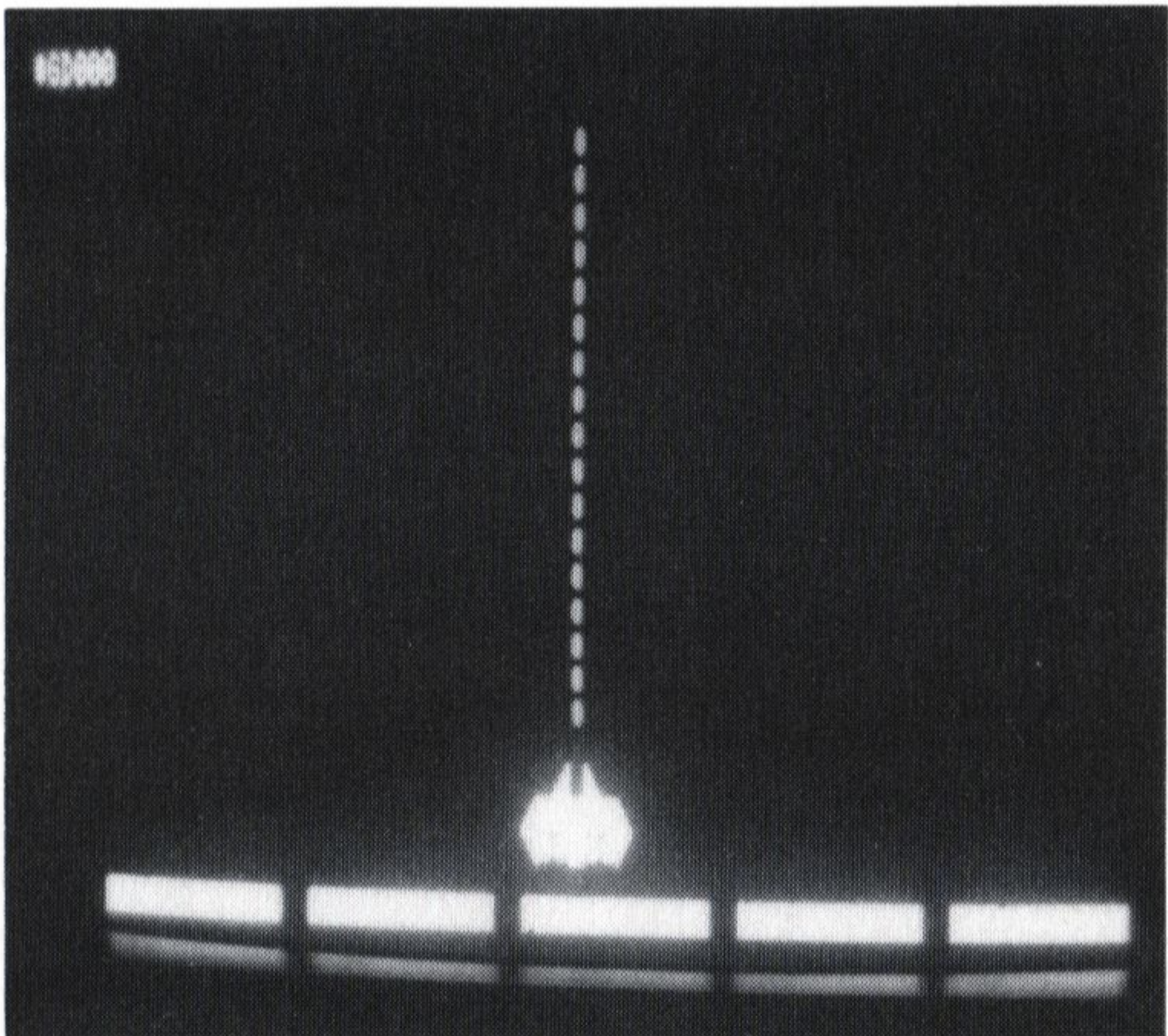
では、つぎにアセンブルしたプログラムを示します。

アセンブルしたプログラム

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	06 03	LD B, 03H
D002	21 80 FC	LD HL, FC80H
D005	E5	PUSH HL
D006	11 80 D0	LD DE, D080H
D009	C5	PUSH BC
D00A	E5	PUSH HL
D00B	0E 01	LD C, 01H
D00D	1A	LD A, (DE)
D00E	77	LD (HL), A
D00F	23	INC HL
D010	13	INC DE
D011	0C	INC C
D012	79	LD A, C
D013	FE 0A	CP 0AH
D015	C2 0D D0	JP NZ D00DH
D018	E1	POP HL
D019	01 78 00	LD BC, 0078H
D01C	09	ADD HL, BC
D01D	C1	POP BC
D01E	10 E9	DJNZ D009H
D020	E1	POP HL
D021	0E 00	LD C, 00H
D023	ED 78	IN A, (C)
D025	FE DF	CP DFH
D027	CA 50 D0	JP Z D050H
D02A	C3 21 D0	JP D021H
D050	06 13	LD B, 13H
D052	11 04 00	LD DE, 0004H

タンク表示とキー入力

アドレス	マシン語	ニモニック	
D055	19	ADD HL, DE	弾を発射する
D056	3E EC	LD A, ECH	
D058	77	LD (HL), A	
D059	C5	PUSH BC	
D05A	06 F0	LD B, F0H	
D05C	3E F0	LD A, F0H	
D05E	3D	DEC A	
D05F	C2 5E D0	JP NZ D05EH	
D062	10 F8	DJNZ D05CH	
D064	77	LD (HL), A	
D065	11 78 00	LD DE, 0078H	
D068	ED 52	SBC HL, DE	
D06A	C1	POP BC	
D06B	10 E9	DJNZ D056H	
D06D	C3 00 D0	JP D000H	

アドレス	データ	
D080	00 00 00 E4 00 E5 00 00 00	タンクのデータ
D089	00 E4 87 87 87 87 87 E5 00	
D092	00 E6 EC EC 87 EC EC E7 00	

UFOを画面の左から右に飛ばす

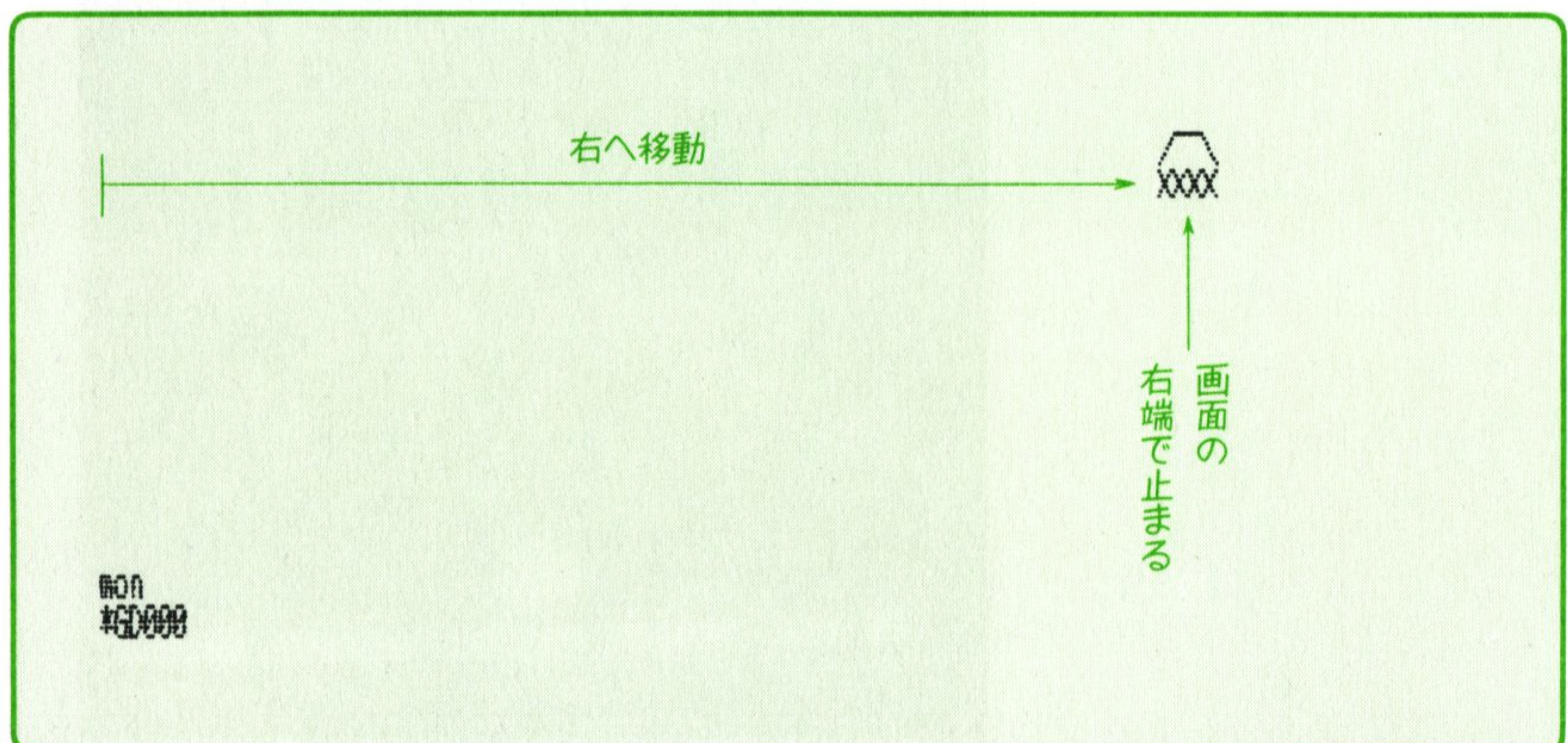
CP命令で比較、JP　NZ命令で判定して繰り返えす

193頁でタンクというキャラクタの作り方を説明しました。また195頁では、タンクの表示の仕方を説明しましたが、タンクは固定したままでした。そこでここでは、UFOというキャラクタを取りあげて、キャラクタを移動させる方法について説明することにします。

まずUFOを、画面の左端から右端に向けて移動させます。この場合のポイントは、UFOが画面の右端にきたら移動を止めるということです。そのようにするには、CP命令とJP　NZ命令を使って、UFOを移動させます。

CP命令は、CP命令のあとに置かれた数と、Aレジスタの内容とを比較する命令です。Aレジスタの内容と、CP命令に置かれた数とが等しくなると、ゼロ・フラグに1を立てます。Aレジスタの内容がCP命令に置かれた数より小さいうちは、ゼロ・フラグは0です（179～180頁参照）。

JP　NZ命令は、ゼロ・フラグが0であるとき条件が成立して、JP命令に示されているメモリ番地にジャンプする命令です（179～180頁参照）。

では、このふたつの命令でどのようにすれば、つぎの図に示すように、UFOが画面の右端にきたら止まるようになるかです。

このふたつの命令の働きをプログラムの説明のなかで行うとわかりにくくなるので、つぎに、UFOを画面の右に移動させるプログラムのなかから、その部分の命令を取り出して、おおまかに説明しておくことにします。アセンブリ言語の、それぞれの命令につけられているメモリ番地は、完成したプログラムに割り当てられるメモリ番地です。

```
D000    B, 01H
D005    PUSH BC
  ∫
```

繰り返えす命令
UFOのデータを読み込む
UFOを表示していくメモリ番地の指定

```
  ∫
D036    POP BC
D037    INC B
D039    LD A, B
D03A    CP 48H
D03C    JP NZ D005H
```

このプログラムのUFOが画面の右端にたどりつくには、UFOの表示を47H（10進数で71）回繰り返えして、画面の右へ移動させる必要があります。

この場合、CP命令で何回繰り返えしたか、繰り返えしの回数を比較させるので、まず、LD命令で繰り返えし回数の最初の数01H（10進数で1）を、Bレジスタに代入します。そして、PUSH BC命令で、Bレジスタの01Hをスタックのなかに退避させます。このようにするのは、Bレジスタをほかでも使うからです。レジスタは変数とおなじですから、あとから値が代入されると、まえに代入した値が破壊されてしまいます。それではカウントすることができなくなるので、スタックに退避させるわけです。

それから、その間にあるUFOを右へ表示していく命令を実行して、POP BC命令で、スタックに退避させた01Hを取り出してきます。

そして、INC B命令で、つぎに示すように、Bレジスタの01Hにプラス1します。INC命令は、プラス1する命令です。

01H+01H=02H

そこで、Bレジスタの内容は02Hになります。このBレジスタの02Hを、CP命令でCP命令に置かれた数と比較させます。ただし、CP命令はBレジスタとは比較できません。CP命令が比較する相手は、Aレジスタと決まっています。そのためBレジスタの02Hを、LD命令でAレジスタに代入してから、CP命令で、CP命令に置かれている数と、Aレジスタの内容とを比較させます。

UFOが画面の右端までたどりつくには、47H（10進数で71）回繰り返えせばよいわけですから、CP命令のあとに47Hを置いて、Aレジスタの内容が47Hであるかどうか比較させればよいということになりますが、ただこの場合は、最初にBレジスタに01Hを代入して、01Hから始めているので、

01H＋47H＝48H

CP命令に48H（10進数で72）を置いて、Aレジスタの内容が48Hになったかどうか比較させます。

Aレジスタの内容は02Hですから、CP命令にある48Hと等しくありません。そのため、ゼロ・フラグは0です。したがって、JP NZ命令の条件は成立して、指定されているメモリ番地D005Hにジャンプします。

メモリ番地のD005Hの命令は、PUSH BCですので、Bレジスタの02Hをスタックに退避します。理由はさきの場合とおなじです。

それから、その間にあるUFOを右へ表示していく命令を実行して、ふたたび、POP BC命令でスタックに退避した02Hを取り出してきます。そして、INC B命令でBレジスタの02Hに1をプラスします。

02H＋01H＝03H

Bレジスタの03Hを、LD命令でAレジスタに代入して、CP命令で比較します。Aレジスタの内容は03Hですから、まだ48Hとは等しくありません。そこで、JP NZ命令で、メモリ番地D005Hにジャンプします。

このことを47H回繰り返えしていくと、INC B命令で1ずつプラスされていって、Bレジスタの内容は48Hになります。Bレジスタの内容は、Aレジスタに代入されますから、Aレジスタの内容も、48Hになります。

Aレジスタの内容が48Hになると、CP命令に置かれている数と等しくなります。すると、CP命令の働きで、ゼロ・フラグに1が立ちます。

ゼロ・フラグに1が立つと、JP NZ命令の条件は成立しません。したがって、つぎのメモリ番地の命令の実行に移ります。

ということは、メモリ番地D005番地にジャンプして、PUSH BC命令でBレジスタの内容をスタックに退避させたあと、実行してきたUFOを右へ表示する命令の実行も行わなくなります。そこでUFOの移動も止まるということになるのです。

UFOを画面の右へ向けて移動する

UFOを画面の右端へ移動するには、195頁でタンクを表示した場合と同様に、UFOのデータを読み取ります。ただこの場合は、タンクの表示の場合と違って、UFOを画面の右へひとつ進めるたびに、UFOのデータを読み取って表示しなければなりませんから、UFOのデータを読み取る命令も、繰り返えす命令のなかに入ります。したがって、順を追って説明することにします。

まず、カウントの最初の数01Hを、LD命令でBレジスタに代入します。

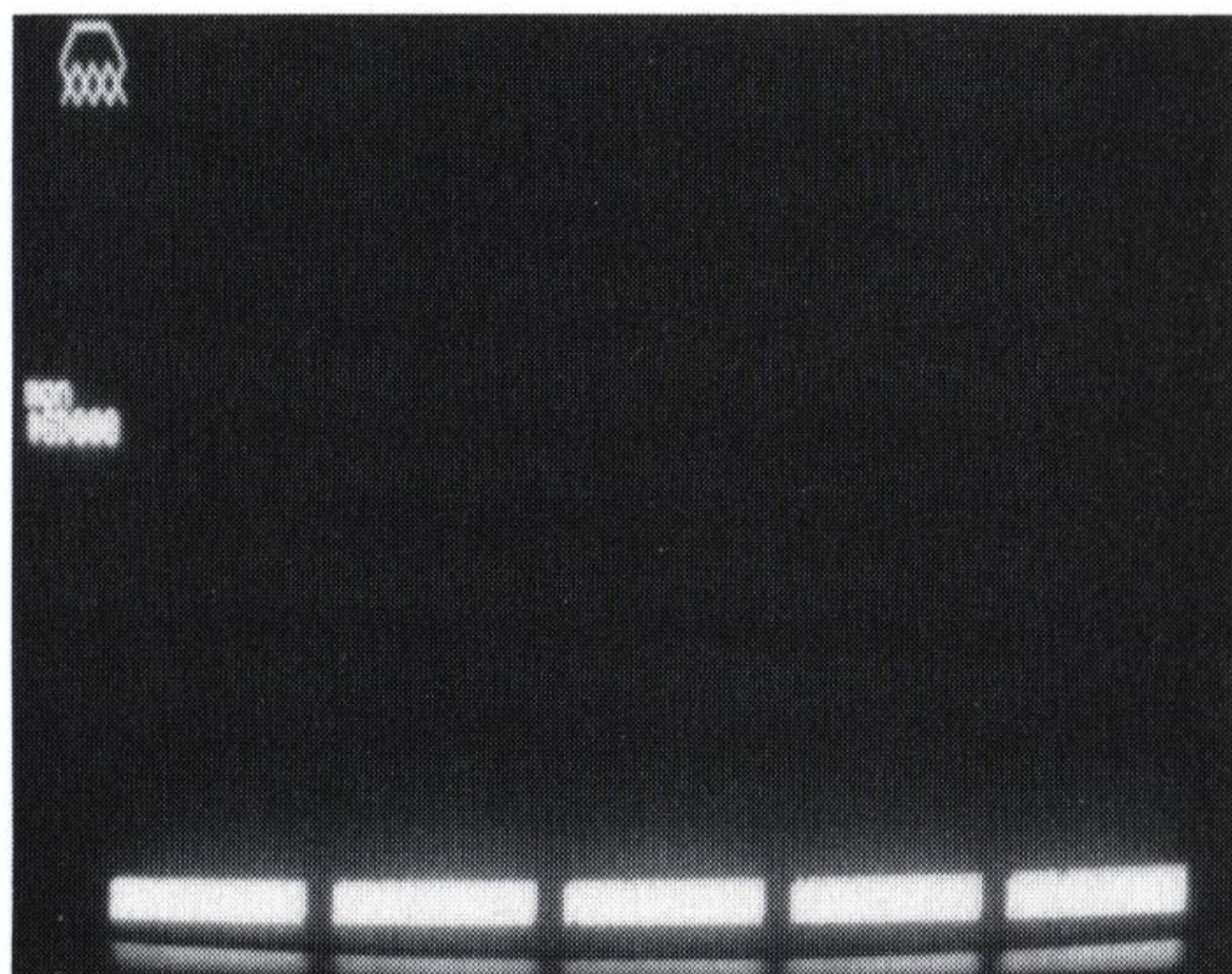
```
D000    LD  B, 01H
```

つぎに、UFOを画面に表示する最初のメモリ番地を、HLレジスタに代入します。この場合は、メモリ番地F37AHからUFOを表示しますから、F37AHをHLレジスタに代入します。この表示位置はあとで示します。

```
D002    LD  HL, F37AH
```

このあとで、Bレジスタ、HLレジスタともに、ほかのことに使いますから、代入した値を破壊しないために、PUSH命令でスタックに退避させます。

```
D005    PUSH  BC
D006    PUSH  HL
```

PUSH命令は16ビットの命令なので、PUSH命令のあとにBレジスタとか、Dレジスタだけを置くことはできません。このように、必ずレジスタペアにして置きます。

UFOのデータとデータを読み取る回数などの設定

さて、画面に表示するデータの読み取りですが、そのまえにUFOのデータを示します。データはつぎに示すように、メモリ番地D０５０Hから記憶します。このデータがキャラクタコードであることは193頁で説明しました。それぞれのキャラクタコードのキャラクタを、データの右に示しておきます。␣は００H（空白）を示します。

```
D050    00  EE  94   ␣  ／  ￣
D053    94  EF  00   ￣  ＼  ␣
D056    00  F0  F0   ␣  ╳  ╳
D059    F0  F0  00   ╳  ╳  ␣
```

このデータは、つぎに示すように、画面に2行で表示しますから、繰り返えしの命令DJNZ命令で、2回データを読み取る命令を繰り返えせばよいことになります。そこで、LD命令でBレジスタに０２H（10進数で2）を代入します。最初のLD　B, ０１Hの場合は、Bレジスタでなくてもかまいません。ただしこの場合は、DJNZ命令で繰り返えす回数をセットするわけですから、Bレジスタでなければなりません。

```
D007    LD  B, 02H
```

そして、データを読み取るために、LD命令で、DEレジスタにデータが記憶されている最初のメモリ番地D０５０Hを代入します。

```
D009    LD  DE, D050H
```

DEレジスタにデータが記憶されているメモリ番地を代入したら、ふたたびPUSH命令で、Bレジスタに代入した０２Hを退避させます。なぜこのようにするかというと、データを2行目に表示するために、メモリ番地の計算をしなければならないからです。つまり、その場合にBレジスタを、BCレジスタペアにして使うので、Bレジスタの内容を退避させるわけです。

```
D00C    PUSH   BC
```

そして、もういちど、PUSH命令でHLレジスタのF３７AHを、スタックに退避させます。

```
D00D    PUSH   HL
```

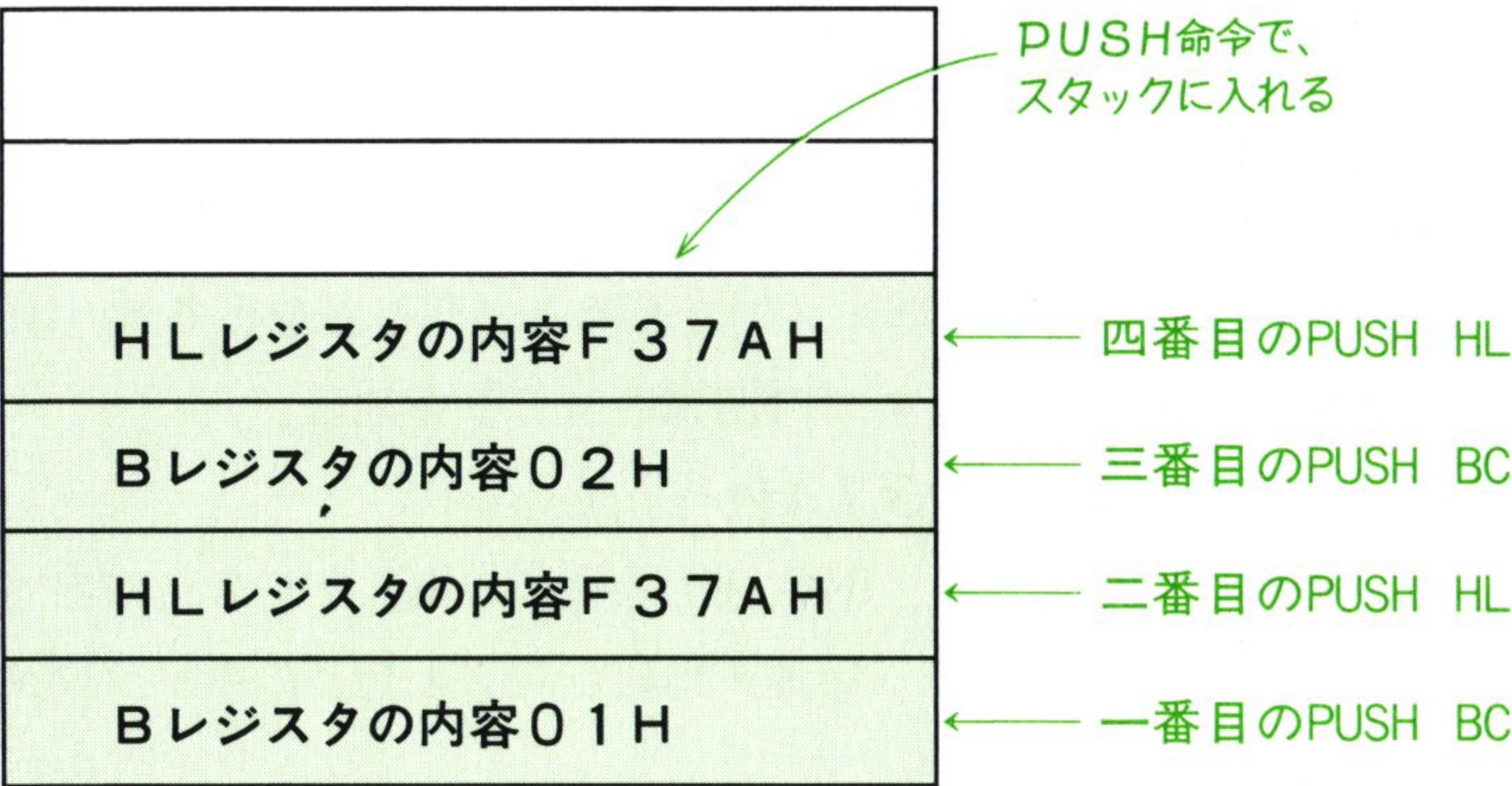
なぜ2回つづけて、HLレジスタのおなじ内容をスタックに退避させるのかは、つぎのスタックへの記憶のされ方で説明します。

スタックへのデータの記憶のされ方

ここまでの説明で、PUSH命令が４回でてきて、それぞれのデータをスタックに退避させました。ここで、データがスタックに、どのように記憶されているかみてみることにします。

スタックは、データを記憶する箱と考えてよいでしょう。スタックには、つぎの図に示すように、一番最初に入れたデータが一番下に、一番最後に入れたデータが一番上に、というように積み重なって記憶されます。

つまり、一番目のPUSH　B命令で退避させた、Bレジスタの内容０１Hが一番下に記憶されます。その上に、二番目のPUSH　HL命令で、スタックに退避させたHLレジスタの内容F３７AHが記憶され、その上に、三番目のPUSH　BC命令で、スタックに退避させたBレジスタの内容０２Hが記憶されます。一番上に、四番目のPUSH　HL命令で、スタックに退避させたHLレジスタの内容F３７AHが記憶されます。

スタック	
	PUSH命令で、スタックに入れる
HLレジスタの内容F３７AH	← 四番目のPUSH　HL
Bレジスタの内容０２H	← 三番目のPUSH　BC
HLレジスタの内容F３７AH	← 二番目のPUSH　HL
Bレジスタの内容０１H	← 一番目のPUSH　BC

スタック

PUSH命令で、スタックに記憶させたレジスタの内容を取り出す命令は、POP命令です。POP命令で、スタックからレジスタに内容を取り出すときは、スタックの一番上にあるデータから順に取り出してきます。下から二番目の内容が欲しいとしても、直接下から二番目の内容を取り出すことはできません。一番上にあるデータから順番に取り出してきて、そして、二番目のデータを取り出します。このようなデータの取り出し方を、**ファースト・イン・ラスト・アウト**と呼んでいます。

さて、四番目にPUSH　HL命令で、二番目のPUSH　HL命令とおなじよう

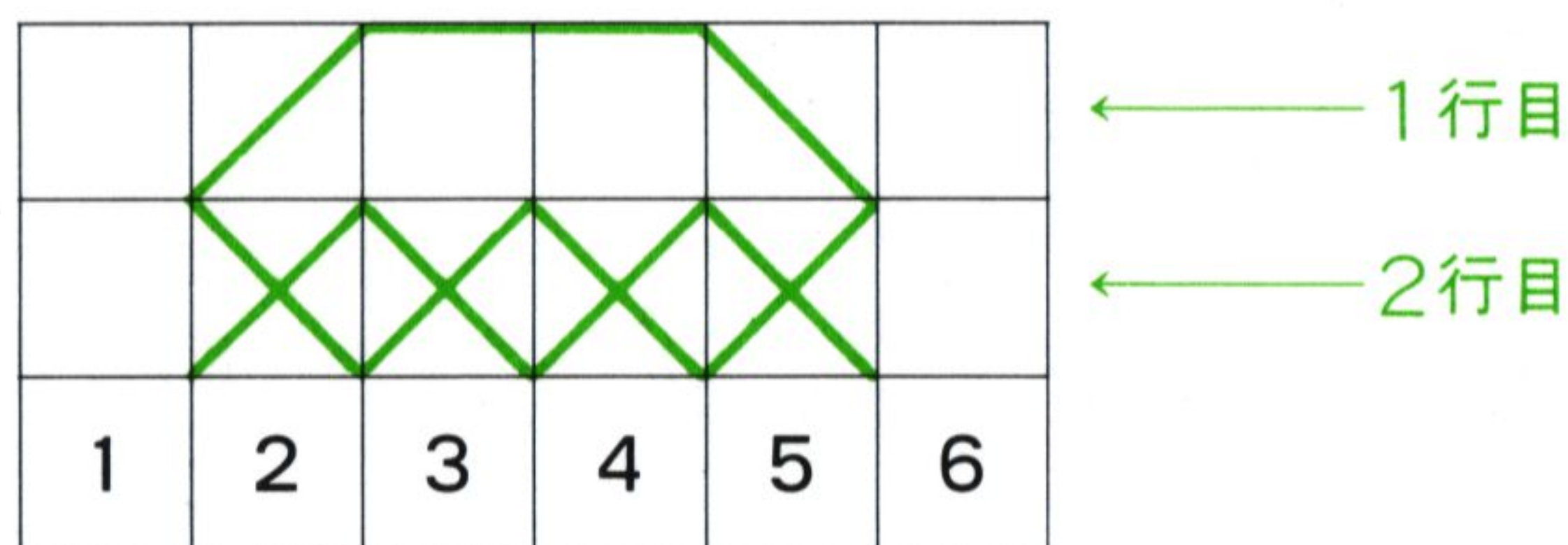
に、HLレジスタの内容F37AHをスタックに退避させましたが、四番目でおなじように、HLレジスタの内容をスタックに退避させておかないと、POP HL命令で、HLレジスタに取り出されてくるデータが三番目のBレジスタの内容になってしまいます。したがって、まえに説明したように、2行目のキャラクタが表示されなくなってしまうからです。

もちろん、POP BC命令がPOP HL命令により先に実行されて、三番目のデータが先に取り出されるようなプログラムであれば、四番目のPUSH HL命令は必要ないことになります。

UFOのデータを読み取って表示

UFOは、2行で表示します。UFOの1行分は、この場合、つぎの図に示すように6個です。

1	2	3	4	5	6

←1行目
←2行目

UFOの表示も、195頁で説明したタンクの表示の場合とおなじです。UFOの1行目の最初のキャラクタを表示するVRAMのメモリ番地は、

```
D002    LD HL, F37AH
```

で指定しています。したがって、INC HL命令で、HLレジスタの内容に1をプラスしていってVRAMのメモリ番地を指定して、1行目のキャラクタ6個を表示します。

さて、タンクの表示の場合、2行目のキャラクタを表示するにはどうしたでしょうか。1行目のキャラクタが6個全部表示されたかどうかを判定させて、つぎにHLレジスタの内容に、0078H（10進数で120）をプラスして、2行目の最初のキャラクタを表示するVRAMのメモリ番地を指定して、表示しました。キャラクタを6個表示したかどうかを判定させるには、カウントする必要があります。そこで、カウントの最初の値を、LD命令でCレジスタに代入します。

```
D00E    LD C, 01H
```

つぎは、データの読み取りです。データは、メモリ番地D050Hから記憶

されています。そして、データが最初に記憶されているメモリ番地は、ＤＥレジスタに代入してあります。したがって、ＤＥレジスタに記憶されているメモリ番地が指定する内容を、Ａレジスタに代入します。この場合、

```
LD　A, DE ← 間違い
```

とすると、間違いです。このようにすると、ＤＥレジスタに記憶されているメモリ番地Ｆ３７ＡＨ、そのものが代入されてしまいます。

メモリ番地Ｆ３７ＡＨに記憶されているものをＡレジスタに代入するには、ＤＥレジスタをカッコで囲んで、

```
LD　A, (DE) ← 正しい
```

とします。このことをよくおぼえておかなければなりません。

```
D010　　LD　A, (DE) ← DEレジスタで指定した内容が
                       Aレジスタに代入される
```

つぎは、Ａレジスタに代入されたキャラクタの表示です。キャラクタを表示するVRAMのメモリ番地は、ＨＬレジスタに記憶されていますから、Ａレジスタの内容を、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入します。

```
D011　　LD　(HL), A
```

これで、VRAMのメモリ番地Ｆ３７ＡＨに、最初のキャラクタが表示されます。ただし、最初のキャラクタは、００Ｈですから空白です。したがって何も表示されません。この空白は195頁のタンクの表示のところで説明しましたが、UFOを左右に移動するときに、前に表示したUFOの最後の１個を消すためのものです。

つぎのキャラクタの表示のために、INC命令で１プラス

１個のキャラクタを表示したら、つぎのキャラクタを表示するために、INC命令で、ＨＬレジスタの内容に１をプラスします。

```
D012　　INC　HL
```

このようにすると、ＨＬレジスタの内容は、

```
F37AH+01H=F37BH
```

で、Ｆ３７ＢＨとなります。つまり、VRAMのメモリ番地Ｆ３７ＡＨの、つぎのメモリ番地となります。まだやることがあります。つぎに読み取るデータのメモリ番地の指定です。メモリ番地を指定しないと、つぎのデータの読み取りができないからです。データのメモリ番地は、ＤＥレジスタが記憶していますから、ＤＥレジスタの内容に、INC命令で１をプラスします。

D013　INC DE

このようにすると、DEレジスタの内容は、

D050H+01H=D051H

で、D051H、つまり、つぎのデータが記憶されているメモリ番地となります。そして、カウントするために、Cレジスタの内容にINC命令で、プラス1します。

D014　INC C

6回繰り返えしたか比較する

INC命令でCレジスタの内容に1をプラスしたら、比較する命令CP命令で、Cレジスタの内容が07H（10進数で7）になったかどうか比較させるために、LD命令で、AレジスタにCレジスタの内容を代入します。

D015　LD A, C

比較の命令CP命令のあとに、カウントする回数、つまり繰り返えす回数07Hを置きます。

D016　CP 07H

CP命令のあとの値が、06Hではなくて07Hになっているのは、カウントする最初の値として、Cレジスタに01Hを代入しているからです。

さてCP命令は、07HとAレジスタの内容を比較します。07HとAレジスタの内容が等しいと、CP命令の働きによって、ゼロ・フラグに1が立ちます。まだ、INC　C命令は1回しか実行されていませんから、当然、Aレジスタは07Hになっていません。したがって、ゼロ・フラグは0です。

ゼロ・フラグが0のときは、まだ1行目のキャラクタが全部表示されていませんから、キャラクタを読み込むLD　A,（DE）命令に戻します。

ゼロ・フラグが0のとき、条件が成立して指定されたメモリ番地にジャンプする命令は、JP　NZ命令です。したがって、JP　NZ命令にD010Hを置きます。

D018　JP NZ D010H

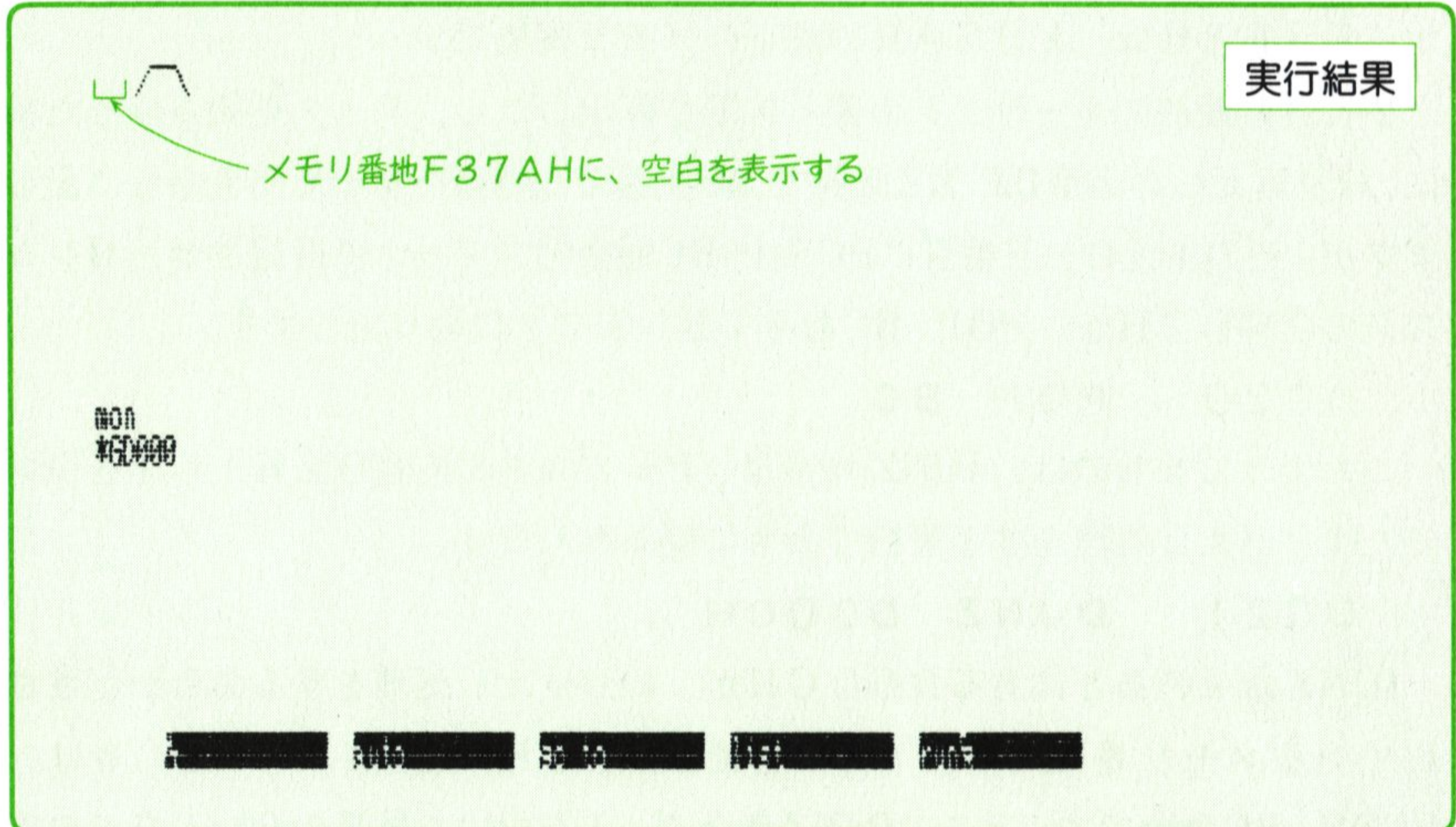
これで、空白を表示したVRAMのメモリ番地F37AHの、つぎのVRAMのメモリ番地F37BHに、2個目のキャラクタが表示されます。

このようにして、Aレジスタの内容が、CP命令に置かれている07Hになるまで、繰り返えされていきます。Aレジスタの内容が、CP命令の比較によ

って０７Ｈと等しいとわかると、ゼロ・フラグに1が立ちます。ゼロ・フラグに1が立つと、JP　NZ命令の条件は成立しませんから、ジャンプは終わって、つぎの命令の実行に移ります。つまりここまでで、つぎの実行結果に示すように、１行目のキャラクタ６個全部が表示されます。

実行結果

メモリ番地F３７AHに、空白を表示する

```
MON
*GD000
```

2行目のキャラクタの表示

CP命令とJP　NZ命令によって１行目のキャラクタを表示すると、つぎは、２行目のキャラクタの表示を行います。２行目のキャラクタを表示するには、VRAMのメモリ番地Ｆ３７ＡＨに、００７８Ｈ（10進数で120）をプラスします。120をプラスする理由は150頁を参照してください。

HLレジスタに記憶されているVRAMのメモリ番地は、INC　HL命令で変化してしまっていますから、四番目のPUSH命令で、スタックに退避させたＨＬレジスタの内容Ｆ３７ＡＨを、POP命令で取り出します。

```
D01B    POP  HL
```

スタックから取り出してきたＦ３７ＡＨに、００７８Ｈを足すには、まず００７８Ｈを、ＬＤ命令でレジスタペアに代入します。ここでは、ＢＣレジスタを使います。

```
D01C    LD  BC, 0078H
```

そして、加算の命令であるADD命令を使って、ＨＬとＢＣレジスタの内容を足します。

ＤＯ１Ｆ　ＡＤＤ　ＨＬ，ＢＣ

ＨＬレジスタの内容とＢＣレジスタの内容を足すと、

Ｆ３７ＡＨ＋００７８Ｈ＝Ｆ３Ｆ２Ｈ

で、Ｆ３Ｆ２Ｈとなります。このＦ３Ｆ２Ｈは、ＨＬレジスタに記憶されます。Ｆ３Ｆ２Ｈは、Ｆ３７ＡＨの真下のメモリ番地です。

２行目の最初のキャラクタの表示位置を算出したら、データを読み取るために、繰り返えしの命令DJ　NZ命令で、繰り返えし処理をする最初の命令に戻しますが、そのまえに、三番目にPUSH　BC命令でスタックに退避させたＢレジスタの内容０２Ｈを、POP　BC命令でＢレジスタに取り出します。

Ｄ０２０　ＰＯＰ　ＢＣ

このようにするのは、DJNZ命令は、Ｂレジスタの内容０２Ｈから１を引いて、繰り返えし処理をする最初の命令に戻るからです。

Ｄ０２１　ＤＪＮＺ　ＤＯＯＣＨ

DJNZ命令のあとにあるＤＯＯＣＨが、繰り返えし処理をする命令が記憶されているメモリ番地です。メモリ番地ＤＯＯＣＨに記憶されている命令は、PUSH　BC命令です。そこでDJNZ命令で、１を引いた結果のＢレジスタの内容０１Ｈを、スタックに退避します。つぎにPUSH　HLで、HLレジスタの内容Ｆ３Ｆ２Ｈもスタックに退避します。

そして、ふたたびさきに説明したように、LD　A,（DE）命令とLD（HL),A命令、INC　HL命令とINC　DE命令などを繰り返えして、２行目のキャラクタを読み取って表示していきます。

キャラクタを何個表示したかは、INC　C命令でカウントしていますから、Ｃレジスタの値が０７Ｈになると、Ａレジスタの内容も０７Ｈになります。したがって、比較する命令ＣＰ命令で０７Ｈと比較されて、ゼロ・フラグに１が立ちます。ゼロ・フラグが１になると、JP　NZ命令の条件は成立しませんから、つぎのメモリ番地の命令の実行に移ります。

メモリ番地Ｄ０１ＢＨのPOP　HL命令からＤ０１ＦＨのADD　HL,BC命令までを、まえに説明したように行って、POP　BC命令でスタックに退避させた０１ＨをＢレジスタに取り出してきます。そして、DJNZ命令でＢレジスタの内容から１を引きます。

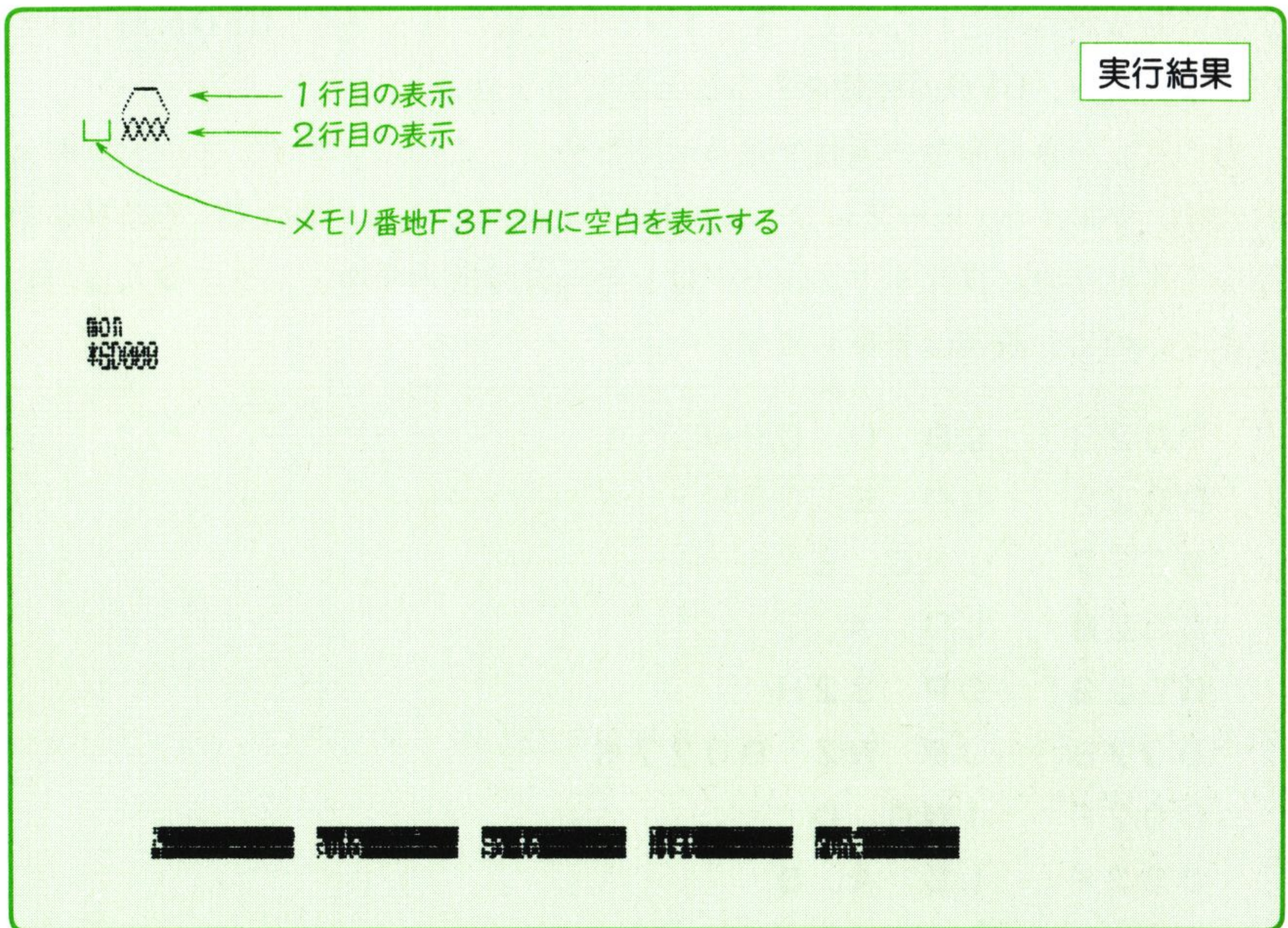
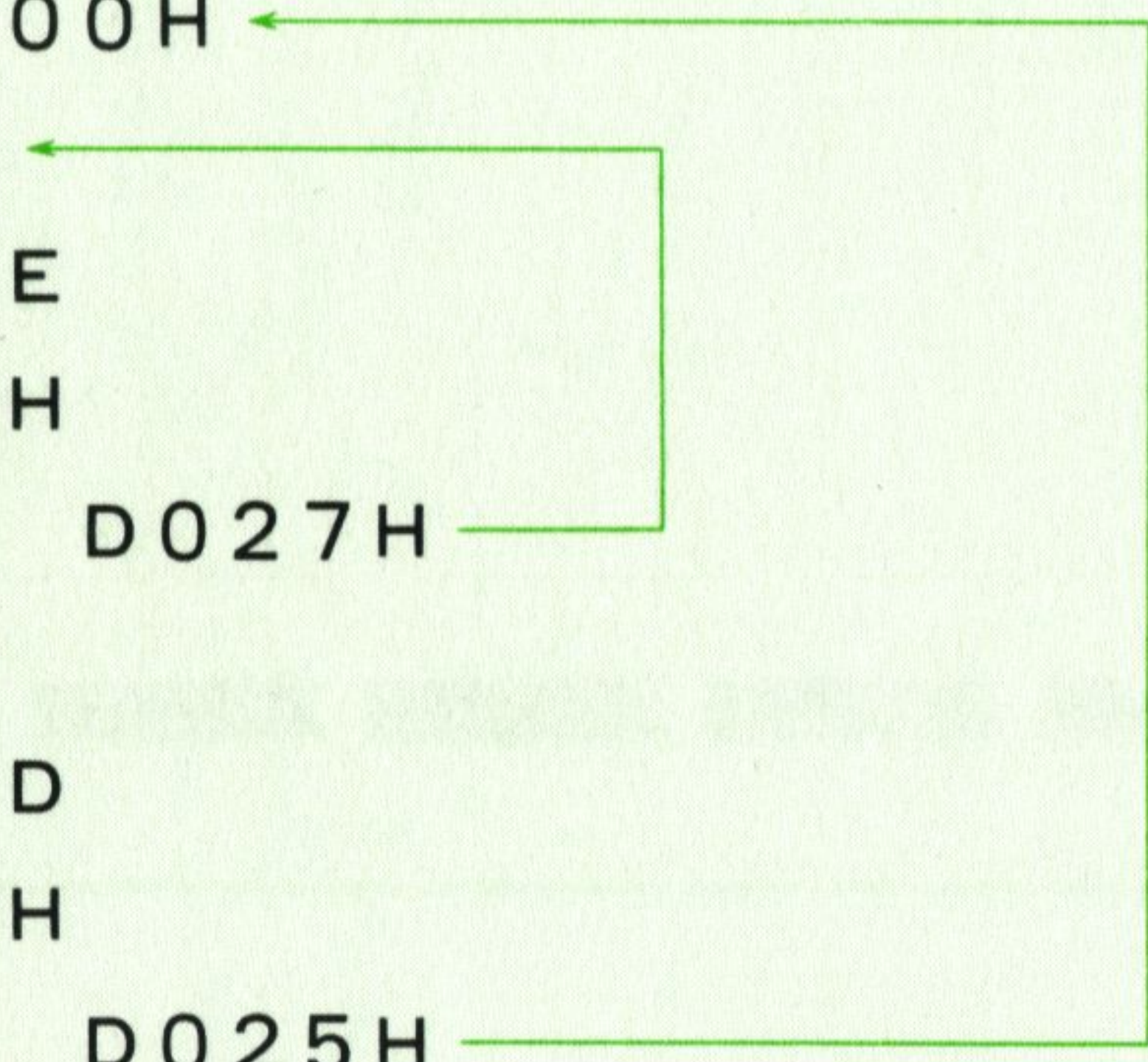
０１Ｈ－０１Ｈ＝００Ｈ

１を引くと、Ｂレジスタは０になりますから、DJNZ命令による繰り返えし

は終了して、つぎのメモリ番地の命令の実行に移ります。

つぎに、2回目の命令を実行して、2行目のキャラクタを表示した実行結果を示します。

実行結果

1行目の表示
2行目の表示
メモリ番地F3F2Hに空白を表示する

ウエイト・ループを入れる

2行目のキャラクタを表示して、すぐにつぎの命令を実行させてしまうと、高速で命令が処理されるので、キャラクタの左側にある空白でUFOが消されていってしまい、UFOの移動をみることができません。

そこで、つぎの命令の実行を送らせるために、ここにウエイト・ループを入れます。ウエイト・ループについては178頁で説明していますので、その頁を参照してください。ウエイト・ループは、そっくりそのまま、ここに挿入したにすぎないので、説明は省略します。

```
D023   LD D, 00H
D025   LD E, 00H  ←─────────┐
D027   INC E  ←───────┐     │
D028   LD A, E        │     │
D029   CP 32H         │     │
D02B   JP NZ D027H ───┘     │
D02F   INC D                │
D02F   LD A, D              │
D030   CP 78H               │
D032   JP NZ D025H ─────────┘
```

UFOを表示するつぎのメモリ番地の指定

UFOを1個表示して、ウエイト・ループで、つぎの命令の実行を遅らせました。つぎは、つぎに表示するUFOのメモリ番地の指定を行います。それとともに、何回UFOを繰り返えして表示したかの判定も行います。この判定は、最初に説明したように、UFOが画面の右端にきたとき、そこでUFOの移動を止めるためです。

まず、つぎにUFOを表示するVRAMのメモリ番地を指定するために、二番目のPUSH HL命令で、スタックに退避させたHLレジスタの内容F37AHを、POP命令でHLレジスタに戻します。

```
D035   POP HL
```

POP HL命令でHLレジスタに取り出されてきたF37AHは、UFOの最

初のキャラクタを、画面の左端に表示したVRAMのメモリ番地です。UFOを画面の右にひとつ移動させるために、HLレジスタの内容F37AHに1プラスします。1プラスする命令はINC命令です。

D038　　INC　HL

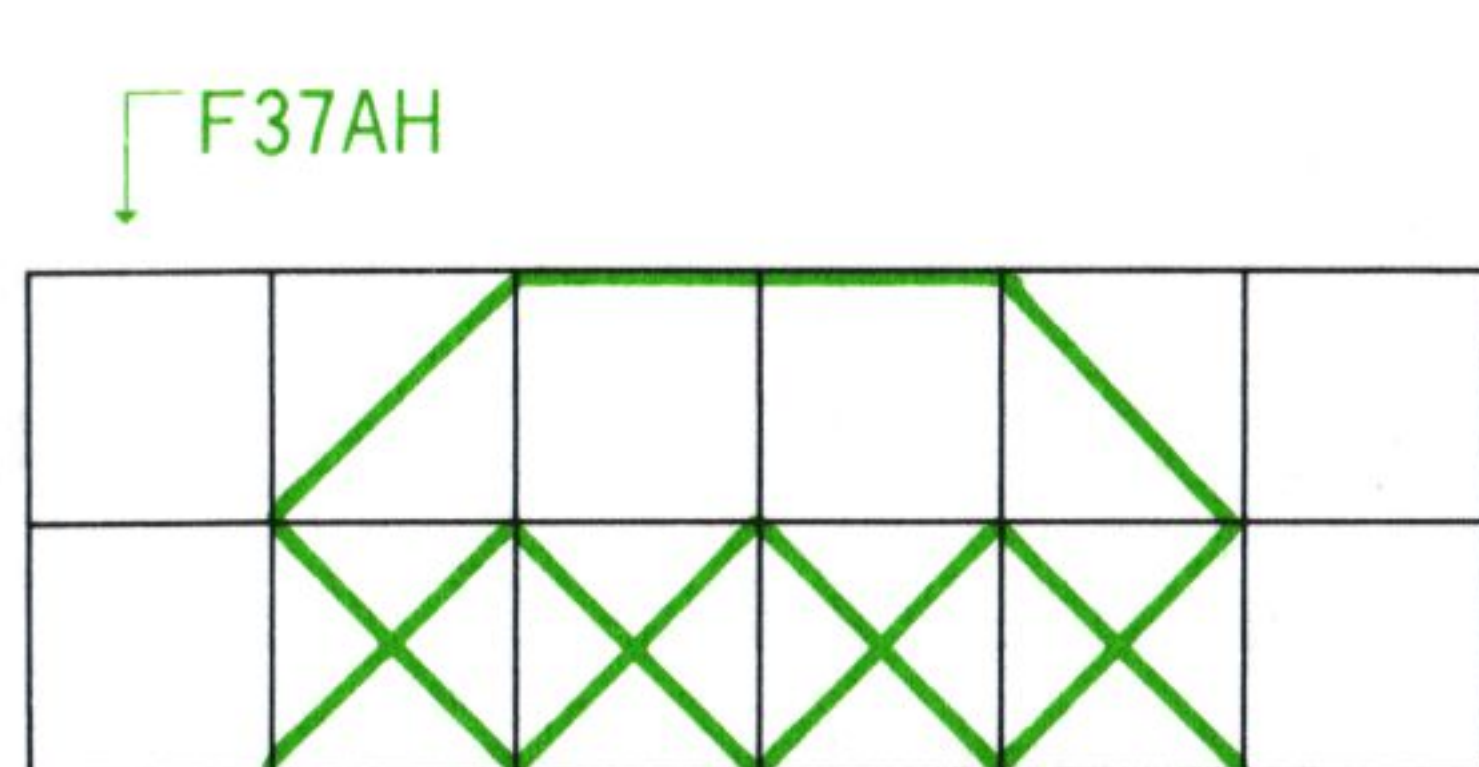
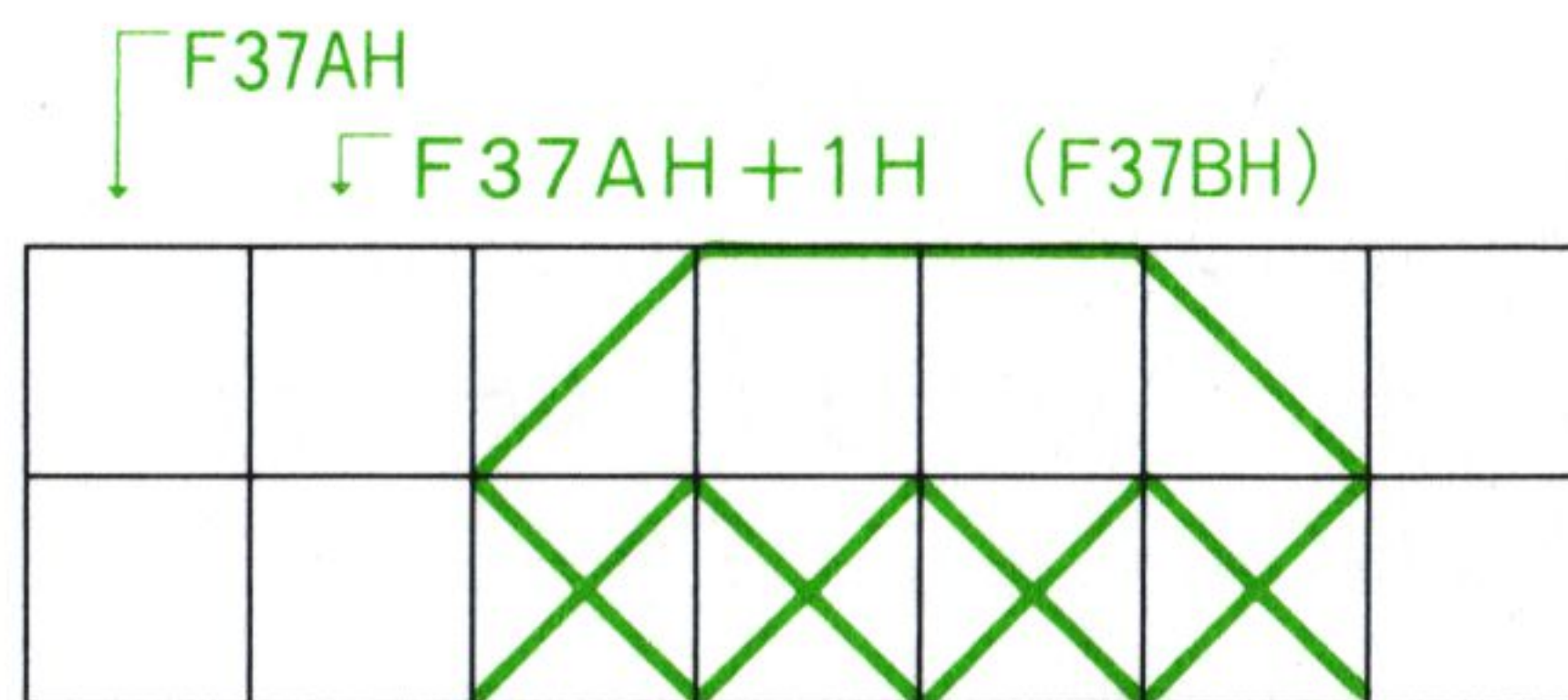
POP　HL命令とINC　HL命令の間にふたつの命令が入りますが、説明の都合上、あとにまわします。

INC　HL命令で、HLレジスタの内容に1をプラスすると、

F37AH+01H=F37BH

F37BHがHLレジスタの内容となります。したがって、このHLレジスタの内容を、JP　NZ命令で、まえに説明したUFOのデータを読み取る命令に戻してやると、つぎの図に示すVRAMのメモリ番地から、つぎのUFOが表示されていくことになります。

F37AH

F37AH
F37AH+1H　(F37BH)

1個目のUFOの表示　　　2個目のUFOの表示

上の図をみるとわかるように、つぎのUFOの表示は、まえのUFOの上にかぶさって表示されますから、まえのUFOは消されることになるわけです。左側に空白がないと、UFOの最後のキャラクタが残ってしまうこともわかると思います。

48回繰り返えしたかどうかの判定

では、あとに説明をまわした命令です。一番目のPUSH　BC命令で、画面の右に向かって47H（10進数で71）回、UFOを表示していくために、カウントする最初の数01Hをスタックに退避させました。その01Hを、POP命令でBレジスタに取り出します。

D036　　POP　BC

POP　BC命令でBレジスタに取り出した内容に、INC命令で1プラスします。

D037　　INC　B

Ｂレジスタの内容が０１Ｈのときは、

０１Ｈ＋０１Ｈ＝０２Ｈ

Ｂレジスタの内容は、０２Ｈとなります。つぎにＢレジスタの内容が、４７Ｈ（10進数で71）回になったかどうか、ＣＰ命令で比較させるためにＬＤ命令で、Ｂレジスタの内容をＡレジスタに代入します。

D039　LD　A, B

そして、ＣＰ命令で比較させます。ＣＰ命令のあとに置く数は４８Ｈです。

D03A　CP　48H

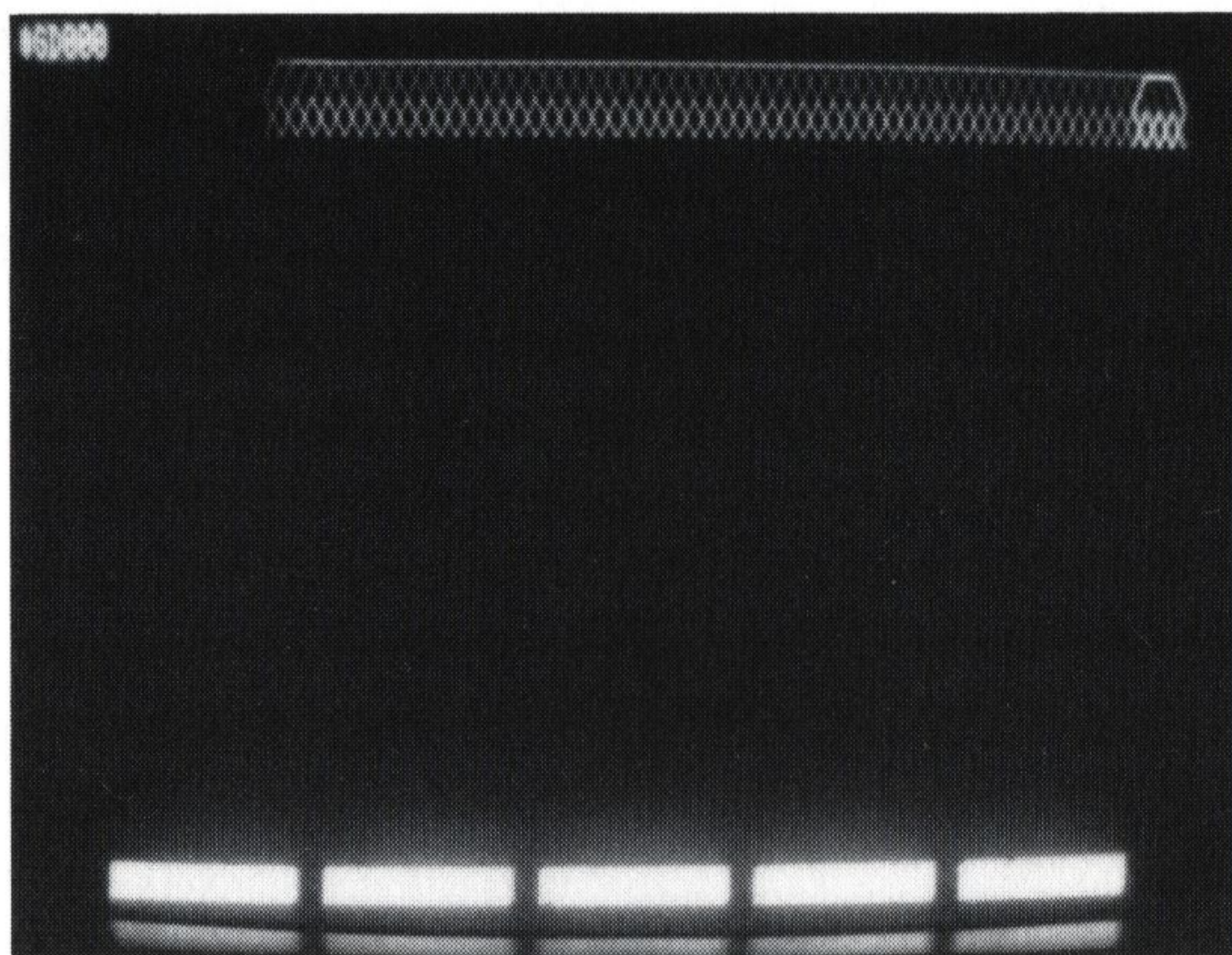
ＣＰ命令で、Ａレジスタの内容と４８Ｈとを比較した結果、Ａレジスタの内容と４８Ｈとが等しいとき、ゼロ・フラグに1が立ちます。４８Ｈにならないうちは、ゼロ・フラグは0です。ゼロ・フラグが0のとき、条件が成立して、指定されたメモリ番地にジャンプする命令は、JP　NZ命令です。

D03C　JP　NZ　D005H

さきに説明したように、INC　B命令でＢレジスタの内容に1プラスしていって、Ｂレジスタの内容が４８Ｈに等しくなるまで、JP　NZ命令で、メモリ番地Ｄ００５Ｈに戻り、画面の左から右へUFOを表示していきます。

４７Ｈ回繰り返えすと、Ａレジスタの内容、つまりＢレジスタの内容が４８Ｈになりますから、ＣＰ命令で４８Ｈと比較されて、ゼロ・フラグに1が立ちます。したがって、JP　NZ命令の条件が成立しなくなりますから、ジャンプはやめて、つぎの命令の実行に移ります。

D03F　JP　5C66H

では、つぎに実行結果を示します。

アセンブルしたプログラム

ではつぎに、アセンブルしたプログラムを示します。このプログラムを実行するときは、画面を80×25モードにして実行してください。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	06 01	LD B, 01H
D002	21 7A F3	LD HL, F37AH
D005	C5	PUSH BC
D006	E5	PUSH HL
D007	06 02	LD B, 02H
D009	11 50 D0	LD DE, D050H
D00C	C5	PUSH BC
D00D	E5	PUSH HL
D00E	0E 01	LD C, 01H
D010	1A	LD A, (DE)
D011	77	LD (HL), A
D012	23	INC HL
D013	13	INC DE
D014	0C	INC C
D015	79	LD A, C
D016	FE 07	CP 07H
D018	C2 10 D0	JP NZ D010H
D01B	E1	POP HL
D01C	01 78 00	LD BC, 0078H
D01F	09	ADD HL, BC
D020	C1	POP BC
D021	10 E9	DJNZ D00CH
D023	16 00	LD D, 00H
D025	1E 00	LD E, 00H
D027	1C	INC E

D028	7B	LD A, E
D029	FE 32	CP 32H
D02B	C2 27 D0	JP NZ D027H
D02E	14	INC D
D02F	7A	LD A, D
D030	FE 78	CP 78H
D032	C2 25 D0	JP NZ D025H
D035	E1	POP HL
D036	C1	POP BC
D037	04	INC B
D038	23	INC HL
D039	78	LD A, B
D03A	FE 48	CP 48H
D03C	C2 05 D0	JP NZ D005H
D03F	C3 66 5C	JP 5C66H

UFOのデータ

D050	00 EE 94
D053	94 EF 00
D056	00 F0 F0
D059	F0 F0 00

UFOを画面の右から左へ飛ばす

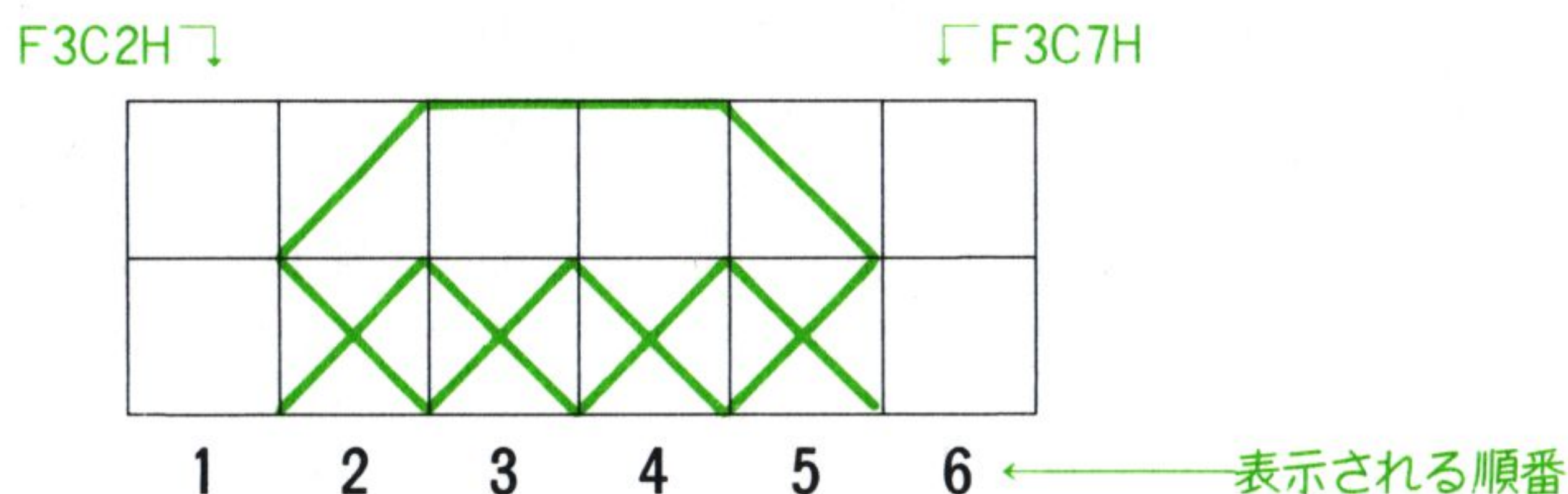
INC HL命令を、DEC HL命令に変える

216頁でUFOを取りあげて、キャラクタを画面の左から右へ移動させる方法について説明しました。キャラクタの移動は、画面の左から右というばかりではなく、画面の右から左という場合もあるでしょう。そこでここでは、UFOを、画面の右から左へ移動する方法について説明することにします。

UFOを画面の右から左へ移動する方法といっても、UFOを画面の左から右へ移動する方法と、ほとんど変わるところはありません。

変わるところは、つぎの2箇所だけです。

ひとつは、最初にUFOを表示するVRAMのメモリ番地を、画面の右端より6個左側のメモリ番地F３C２Hにするということです。すると、つぎの図に示すように、UFOが表示されます。

F3C2H
F3C7H
1 2 3 4 5 6 ←表示される順番

もうひとつは、UFOを画面の左から右へ移動する場合、メモリ番地D０３８Hの命令で、

```
D038    INC  HL  ←1プラスする
```

として、INC HL命令で、VRAMのメモリ番地を記憶しているHLレジスタに1プラスしましたが、右から左へ移動させる場合は、この命令を、

```
D038    DEC  HL  ←1マイナスする
```

に変えて、DEC命令で、HLレジスタの内容から1を引いていくということです。DEC命令については132頁を参照してください。

なぜ、DEC HL命令で、HLレジスタの内容から1を引くのかというと、画面の左から右へという場合は、VRAMのメモリ番地はひとつずつ増えていきま

すが、画面の右から左へという場合は、VRAMのメモリ番地は、ひとつずつ減っていくからです。

この二点が変わるだけで、あとはすべて命令はおなじですから、つぎにプログラムを示すにとどめます。なお、プログラムを実行するときは、画面を80×25モードにして実行してください。

アセンブルしたプログラム

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	06 01	LD B, 01H
D002	21 C2 F3	LD HL, F3C2H
D005	C5	PUSH BC
D006	E5	PUSH HL
D007	06 02	LD B, 02H
D009	11 50 D0	LD DE, D050H
D00C	C5	PUSH BC
D00D	E5	PUSH HL
D00E	0E 01	LD C, 01H
D010	1A	LD A, (DE)
D011	77	LD (HL), A
D012	23	INC HL
D013	13	INC DE
D014	0C	INC C
D015	79	LD A, C
D016	FE 07	CP 07H
D018	C2 10 D0	JP NZ D010H
D01B	E1	POP HL
D01C	01 78 00	LD BC, 0078H
D01F	09	ADD HL, BC
D020	C1	POP BC
D021	10 E9	DJNZ D00CH

D023	16 00	LD D, 00H
D025	1E 00	LD E, 00H
D027	1C	INC E
D028	7B	LD A, E
D029	FE 32	CP 32H
D02B	C2 27 D0	JP NZ D027H
D02E	14	INC D
D02F	7A	LD A, D
D030	FE 78	CP 78H
D032	C2 25 D0	JP NZ D025H
D035	E1	POP HL
D036	C1	POP BC
D037	04	INC B
D038	2B	DEC HL
D039	78	LD A, B
D03A	FE 48	CP 48H
D03C	C2 05 D0	JP NZ D005H
D03F	C3 66 5C	JP 5C66H

UFOのデータ

D050	00 EE 94
D053	94 EF 00
D056	00 F0 F0
D059	F0 F0 00

画面の左右にきたUFOの消去

００ＨをUFOの上に表示する

216頁で、UFOを画面の左から右へ移動させる方法、また233頁では、UFOを画面の右から左へ移動させる方法について説明しました。

この両方のプログラムを実行させると、画面の両端でUFOが表示されたままになっています。このまま表示しておいたのでは、なにかとジャマになります。そこでここでは、UFOが画面の右端にきたとき、UFOを消す方法について説明することにします。

画面の右端まで移動してきて、表示されたままになっているUFOを消去するには、UFOの大きさだけの空白を、UFOが表示されている位置の上に表示して消します。空白のキャラクタコードは、００Ｈです。

この場合、UFOは２行でできています。そして、１行目、２行目ともに６個のキャラクタでできていましたから、最初に、UFOが表示されている１行目のVRAMのメモリ番地を指定して、００Ｈを６個表示します。つぎに、２行目のVRAMのメモリ番地を指定して、００Ｈを６個表示します。このように００Ｈを表示して、UFOの消去を行うわけです。

まず、２行にわたって００Ｈを表示しますから、繰り返えす回数０２Ｈ（10進数で２）を、ＬＤ命令でＢレジスタに代入します。

```
LD  B, 02H
```

この場合は、DJNZ命令で繰り返えすので、繰り返えす回数は、Ｂレジスタに代入しなければなりません。

エイッ

００Hを表示する最初のVRAMのメモリ番地を求める

つぎに、UFOが表示されているVRAMのメモリ番地を、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入します。ＨＬレジスタに代入するVRAMのメモリ番地は、つぎのようにして求めます。

繰り返えす回数から１を引いた数

F37AH+46H（10進数で70）＝F3C0H

最初に表示するVRAMのメモリ番地

この場合、UFOの表示は、VRAMのメモリ番地Ｆ３７ＡＨから始まって71回繰り返えすと、UFOは画面の右端にきます。したがって、Ｆ３７ＡＨに繰り返えす回数から１を引いた数70を加えればよいのです。70は10進数ですから、これを16進数４６Ｈになおして足します。

この足し算で求められたＦ３Ｃ０Ｈが、画面の右端に表示されているUFOの左側のVRAMのメモリ番地となります。つまり、００Ｈを表示する最初のVRAMのメモリ番地ということです。そこで、このVRAMのメモリ番地Ｆ３Ｃ０Ｈを、ＬＤ命令でＨＬレジスタに代入します。

```
LD  HL, F3C0H
```

つぎに、２行目に００Ｈを表示するために、２行目の最初のVRAMのメモリ番地を算出する値を、ＬＤ命令でＤＥレジスタに代入します。

２行目の最初のVRAMのメモリ番地は、１行目の最初のVRAMのメモリ番地に、００７８Ｈ（10進数で120）を足せばよいわけです（150頁参照）。したがって、つぎのように、ＤＥレジスタに００７８Ｈを代入します。

```
LD  DE, 0078H
```

０２Ｈを代入したＢレジスタと、Ｆ３Ｃ０Ｈを代入したＨＬレジスタには、もう一度ほかの値を代入しますから、０２ＨとＦ３Ｃ０Ｈが破壊されないために、PUSH命令でスタックに退避させます。

```
PUSH  BC
PUSH  HL
```

さて００Ｈを表示する、最初のVRAMのメモリ番地は決まりましたが、UFOは１行６個のキャラクタでできていますから、さきに説明したように、１行に００Ｈを６個表示させなければなりません。１行に６個の００Ｈを表示するためには、００Ｈの表示を６回繰り返えす必要があります。そこで、繰り返えす回数０６Ｈ（10進数で６）を、ＬＤ命令でＢレジスタに代入します。

LD　B，06H

これで００Ｈを表示する準備は整いましたから、つぎは００Ｈの表示です。

00Hの表示

００Ｈを画面に表示するには、ＬＤ命令で００ＨをＡレジスタに代入します。

LD　A，00H

つぎに、Ａレジスタの内容００Ｈを、ＬＤ命令で、VRAMのメモリ番地を記憶しているＨＬレジスタに代入します。

LD　(HL)，A

１回目の実行のとき、ＨＬレジスタの内容は、VRAMのメモリ番地Ｆ３Ｃ０Ｈですから、００ＨはＦ３Ｃ０Ｈに表示されます。

LD　(HL)，A
F3C0H ←代入― 00H

００Ｈを１個表示して、キャラクタを１個消去したら、つぎのキャラクタの消去を行わなければなりません。そうするには、VRAMのメモリ番地に１をプラスして、つぎのVRAMのメモリ番地を求めて指定します。１プラスする命令は、INC命令です。１プラスする内容はＨＬレジスタに記憶されていますから、

INC　HL

となります。INC　HL命令が実行されると、

F3C0H+01H=F3C1H

となって、Ｆ３Ｃ１ＨがＨＬレジスタの内容になります。したがって、このＦ３Ｃ１Ｈを、００Ｈを表示するLD　(HL)，A命令にDJNZ命令で送ってやると、VRAMのメモリ番地Ｆ３Ｃ１Ｈに００Ｈが表示されて、つぎのキャラクタが消去されます。

DJNZ　<LD　(HL)，Aのメモリ番地>

DJNZ命令は、Ｂレジスタに代入した０６Ｈ（10進数で６）から１を引いて、指定されたメモリ番地にジャンプします。Ｂレジスタに代入した０６Ｈが０になると、DJNZ命令によるジャンプは終了して、つぎのメモリ番地の命令の実行に移りますから、１行目の６個のキャラクタの上に００Ｈを表示し終わるまで、LD　(HL)，A命令にジャンプすることになります。

2行目の最初のVRAMのメモリ番地を求める

このようにDJNZ命令でジャンプして、1行目のキャラクタの上に００Hを表示し終わると、つぎの命令の実行に移りますから、PUSH HL命令でスタックに退避させたVRAMのメモリ番地Ｆ３Ｃ０Ｈを、POP命令で取り出します。

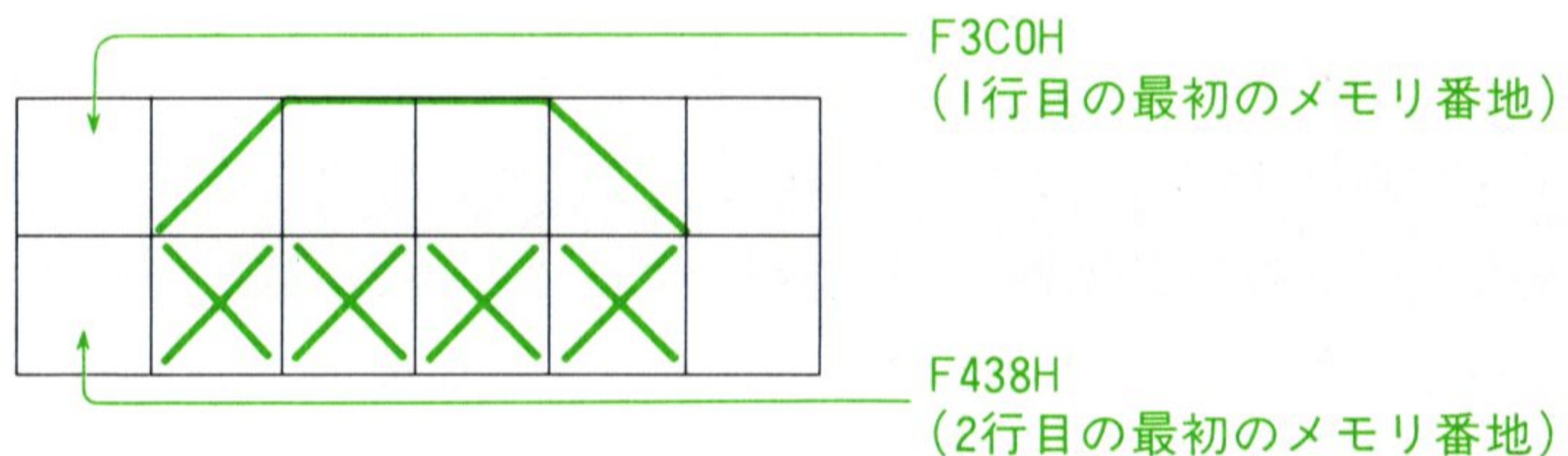
```
POP HL
```

そして、ADD命令で、HLレジスタに取り出してきたＦ３Ｃ０Ｈと、DEレジスタの００７８Ｈ（10進数で120）を足して、2行目の最初のVRAMのメモリ番地を求めます。

```
ADD HL, DE
```

ＨＬレジスタの内容と、ＤＥレジスタの内容を足して、

```
F3C0H+0078H=F438H
```

足し算の結果のＦ４３８Ｈが、2行目の最初のVRAMのメモリ番地です。

このＦ４３８Ｈは、ＨＬレジスタに記憶されますから、DJNZ命令で指定したメモリ番地の命令にジャンプさせて繰り返えしますが、この場合は、まえの場合と違って、ひとつやることがあります。

POP BC命令で０２Hを取り出す

DJNZ命令で指定したメモリ番地にジャンプするとき、繰り返えす回数を代入したBレジスタの内容から1を引いてジャンプします。この場合のDJNZ命令の繰り返えしの回数は、最初にBレジスタに代入した０２Ｈです。この０２Ｈは、ＨＬレジスタにほかの値を代入するので、破壊されないためにスタックに退避させましたから、POP命令でスタックから取り出してきます。

```
POP BC
```

これで、Bレジスタに０２Ｈが取り出されました。したがって、つぎにDJNZ命令を置いて、実行を戻します。

ＤＪＮＺ　〈ＰＵＳＨ　ＢＣ命令のメモリ番地〉

この場合、DJNZ命令で戻すメモリ番地は、PUSH　BC命令が記憶されているメモリ番地です。PUSH　BC命令に戻すのは、Bレジスタの内容０２Ｈから、DJNZ命令でジャンプするために０１Ｈを引いた結果の０１Ｈが、まだBレジスタに記憶されているからです。したがって、PUSH　BC命令にジャンプさせて、この０１Ｈをスタックに退避させるわけです。

DJNZ命令でPUSH　BC命令に戻ってBレジスタの内容０１Ｈをスタックに退避してからは、さきに説明したように、それぞれの命令を処理して、ＨＬレジスタに記憶されている2行目のVRAMのメモリ番地Ｆ３４８Ｈから、００Ｈを6個表示します。そして2行目のキャラクタを消去します。

消去し終わると、POP　BC命令で、スタックに退避した０１Ｈを取り出して、DJNZ命令で、Bレジスタの内容０１Ｈから1を引きます。つまり、

０１Ｈ－０１Ｈ＝００Ｈ

を行うわけです。その結果は0ですから、DJNZ命令でジャンプすることはやめて、つぎの命令の実行に移ります。

アセンブルしたプログラム

では、つぎにアセンブルしたプログラムを示します。これまで説明してきたUFOを消去する命令は、UFOを移動し終わったあと実行すればよいので、UFOを移動させる命令のあとのメモリ番地、Ｄ０３ＦＨからＤ０５４Ｈに追加しています。なお、実行させるときは、画面を80×25モードにして実行してください。

メモリ番地	マシン語	アセンブリ言語
D000	06 01	LD B, 01H
D002	21 7A F3	LD HL, F37AH
D005	C5	PUSH BC
D006	E5	PUSH HL
D007	06 02	LD B, 02H
D009	11 60 D0	LD DE, D060H
D00C	C5	PUSH BC
D00D	E5	PUSH HL
D00E	0E 01	LD C, 01H
D010	1A	LD A, (DE)
D011	77	LD (HL), A
D012	23	INC HL
D013	13	INC DE
D014	0C	INC C
D015	79	LD A, C
D016	FE 07	CP 07H
D018	C2 10 D0	JP NZ D010H
D01B	E1	POP HL
D01C	01 78 00	LD BC, 0078H
D01F	09	ADD HL, BC
D020	C1	POP BC
D021	10 E9	DJNZ D00CH
D023	16 00	LD D, 00H
D025	1E 00	LD E, 00H
D027	1C	INC E
D028	7B	LD A, E
D029	FE 32	CP 32H
D02B	C2 27 D0	JP NZ D027H
D02E	14	INC D
D02F	7A	LD A, D
D030	FE 78	CP 78H

D032	C2 25 D0	JP NZ D025H
D035	E1	POP HL
D036	C1	POP BC
D037	04	INC B
D038	23	INC HL
D039	78	LD A, B
D03A	FE 48	CP 48H
D03C	C2 05 D0	JP NZ D005H
D03F	06 02	LD B, 02H
D041	21 C0 F3	LD HL, F3C0H
D044	11 78 00	LD DE, 0078H
D047	C5	PUSH BC
D048	E5	PUSH HL
D049	06 06	LD B, 06H
D04B	3E 00	LD A, 00H
D04D	77	LD (HL), A
D04E	23	INC HL
D04F	10 FC	DJNZ D04DH
D051	E1	POP HL
D052	19	ADD HL, DE
D053	C1	POP BC
D054	10 F1	DJNZ D047H
D056	C3 66 5C	JP 5C66H

UFOのデータ

メモリ番地は、消去の命令が追加されたので、D060Hからに変更します。

D060	00 EE 94
D063	94 EF 00
D066	00 F0 F0
D069	F0 F0 00

タイトルの表示

最後に、タイトルを表示します。ここでは、つぎの実行結果に示すように、「GAME・SET」と表示することにします。

実行結果

```
GAME・SET

mon
*GD000
```

まず、表示させたいタイトルをグラフィック・シンボルで書きます。そしてそのグラフィック・シンボルを、キャラクタコードに直します。キャラクタコードは16進数で書き表わします。これがデータとなります。

「GAME・SET」を表示するデータをつぎに示します。

```
D030  E4 94 94 94 E5 00 E4 94
D038  94 94 E5 00 87 00 00 00
D040  87 00 E4 94 94 94 E6 00  ← 1行目を表示するデータ
D048  00 00 00 E4 94 94 94 E6
D050  00 E4 94 94 94 E6 00 E7
D058  94 87 94 E6 87 00 00 00
D060  87 00 87 00 00 00 87 00
D068  87 EF 80 EE 87 00 87 80  ← 2行目を表示するデータ
D070  80 00 00 00 00 00 00 87
D078  80 80 80 00 00 87 80 80
D080  00 00 00 00 00 87 00 00
D088  87 00 00 00 00 00 87 80
```

```
D090  80 80 87 00 87 00 00 00
D098  87 00 87 00 00 00 00 00   ←3行目を表示するデータ
D0A0  87 87 00 00 00 00 00 87
D0A8  00 87 00 00 00 00 00 00
D0B0  00 87 00 00 87 00 E6 94
D0B8  87 00 87 00 00 00 87 00
D0C0  87 00 00 00 87 00 87 00   ←4行目を表示するデータ
D0C8  00 00 00 00 00 00 00 00
D0D0  00 00 00 87 00 87 00 00
D0D8  00 00 00 00 00 87 00 00
D0E0  E6 80 80 80 E7 00 87 00
D0E8  00 00 87 00 87 00 00 00
D0F0  87 00 E6 80 80 80 E4 00   ←5行目を表示するデータ
D0F8  00 00 00 E5 80 80 80 E7
D100  00 E6 80 80 80 E4 00 00
D108  00 87 00 00 00 FF FF FF
```

「GAME・SET」は、5行で表示されるようになっており、データの数は、各行とも44個です。

タイトルを表示するプログラムを、入力しやすいように、ダンプリストで示します。実行するときは、画面を80×25モードにして、このプログラムのあとに、先に示したデータを続けて入力してください。

ダンプリスト

```
D000  06 05 21 5C F6 11 30 D0
D008  C5 E5 0E 01 1A 77 23 13
D010  0C 79 FE 2D C2 0C D0 E1
D018  01 78 00 09 C1 10 E9 C3
D020  66 5C 00 00 00 00 00 00
```

2進⟷16進変換表

16 進 数	2 進 数
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1
A	1 0 1 0
B	1 0 1 1
C	1 1 0 0
D	1 1 0 1
E	1 1 1 0
F	1 1 1 1

レジスタの種類

種 類	記号	名 称	ビット
専用レジスタ	PC	プログラム・カウンタ	16
	SP	スタック・ポインタ	16
	IX	インデックス・レジスタ	16
	IY	インデックス・レジスタ	16
	I	インタラプト・ページ・アドレス・レジスタ	8
	R	メモリ・リフレッシュ・レジスタ	8
アキュームレータとフラグ	A	アキューム・レータ	8
	F	フラグ	8
	A′	アキューム・レータ(サブ)	8
	F′	フラグ(サブ)	8
汎用レジスタ	B	メイン・レジスタ	8
	C		8
	D		8
	E		8
	H		8
	L		8
	B′	サブ・レジスタ	8
	C′		8
	D′		8
	E′		8
	H′		8
	L′		8

●Z－80CPUには、いろいろなレジスタがあります。プログラムを作るとき、ベーシックの変数のようにデータを代入したりするレジスタは、アキュームレータとフラグの項にあるAレジスタと、汎用レジスタの項にあるB、C、D、E、H、Lなどの各レジスタです。

Aレジスタは、アキュームレータと呼ばれ、ALU（演算論理回路）と一緒になって　演算時の数値や演算結果などを記憶したりするなど、特別な働きをします。

Z-80アセンブル表

8ビット

×	A	B	C	D	E	H	L	(HL)	(BC)	(DE)	(IX+d)	(IY+d)	n	(nn)	I	R
LD A,×	7F	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	0A	1A	DD 7E d	FD 7E d	3E n	3A n n	ED 57	ED 5F
LD B,×	47	40	41	42	43	44	45	46			DD 46 d	FD 46 d	06 n			
LD C,×	4F	48	49	4A	4B	4C	4D	4E			DD 4E d	FD 4E d	0E n			
LD D,×	57	50	51	52	53	54	55	56			DD 56 d	FD 56 d	16 n			
LD E,×	5F	58	59	5A	5B	5C	5D	5E			DD 5E d	FD 5E d	1E n			
LD H,×	67	60	61	62	63	64	65	66			DD 66 d	FD 66 d	26 n			
LD L,×	6F	68	69	6A	6B	6C	6D	6E			DD 6E d	FD 6E d	2E n			
LD(HL),×	77	70	71	72	73	74	75						36 n			
LD(BC),×	02															
LD(DE),×	12															
LD(IX+d),×	DD 77 d	DD 70 d	DD 71 d	DD 72 d	DD 73 d	DD 74 d	DD 75 d						DD 36 d n			
LD(IY+d),×	FD 77 d	FD 70 d	FD 71 d	FD 72 d	FD 73 d	FD 74 d	FD 75 d						FD 36 d n			
LD(nn),×	32 n n															
LD I,×	ED 47															
LD R,×	ED 4F															
ADD A,×	87	80	81	82	83	84	85	86			DD 86 d	FD 86 d	C6 n			
ADC A,×	8F	88	89	8A	8B	8C	8D	8E			DD 8E d	FD 8E d	CE n			
SUB ×	97	90	91	92	93	94	95	96			DD 96 d	FD 96 d	D6 n			
SBC A,×	9F	98	99	9A	9B	9C	9D	9E			DD 9E d	FD 9E d	DE n			
AND ×	A7	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6			DD A6 d	FD A6 d	E6 n			
XOR ×	AF	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE			DD AE d	FD AE d	EE n			
OR ×	B7	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6			DD B6 d	FD B6 d	F6 n			
CP ×	BF	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE			DD BE d	FD BE d	FE n			
INC ×	3C	04	0C	14	1C	24	2C	34			DD 34 d	FD 34 d				
DEC ×	3D	05	0D	15	1D	25	2D	35			DD 35 d	FD 35 d				

Z-80アセンブル表

16ビット

×	BC	DE	HL	SP	IX	IY	AF	nn	(nn)
LD AF,×									
LD BC,×								01 n n	ED 4B n n
LD DE,×								11 n n	ED 5B n n
LD HL,×								21 n n	2A n n
LD SP,×			F9		DD F9	FD F9		31 n n	ED 7B n n
LD IX,×								DD 21 n n	DD 2A n n
LD IY,×								FD 21 n n	FD 2A n n
LD(nn),×	ED 43 n n	ED 53 n n	22 n n	ED 73 n n	DD 22 n n	FD 22 n n			
PUSH ×	C5	D5	E5		DD E5	FD E5	F5		
POP ×	C1	D1	E1		DD E1	FD E1	F1		
ADD HL,×	09	19	29	39					
ADD IX,×	DD 09	DD 19		DD 39	DD 29				
ADD IY,×	FD 09	FD 19		FD 39		FD 29			
ADC HL,×	ED 4A	ED 5A	ED 6A	ED 7A					
SBC HL,×	ED 42	ED 52	ED 62	ED 72					
INC ×	03	13	23	33	DD 23	FD 23			
DEC ×	0B	1B	2B	3B	DD 2B	FD 2B			

CPUコントロール

HALT	76

ジャンプ，コール，リターン

×	UN COND	C	NC	Z	NZ	PE	PO	M	P	
JP ×, nn	C3 n n	DA n n	D2 n n	CA n n	C2 n n	EA n n	E2 n n	FA n n	F2 n n	
JR ×, e	18 e−2	38 e−2	30 e−2	28 e−2	20 e−2					
JP(HL)	E9									
JP(IX)	DD E9									
JP(IY)	FD E9									
CALL ×, nn	CD n n	DC n n	D4 n n	CC n n	C4 n n	EC n n	E4 n n	FC n n	F4 n n	
DJNZ e										10 e−2
RET ×	C9	D8	D0	C8	C0	E8	E0	F8	F0	
RETI	ED 4D									
RETN	ED 45									

入　　力

IN A, (n)	DB n
IN A,(C)	ED 78
IN B,(C)	ED 40
IN C,(C)	ED 48
IN D,(C)	ED 50
IN E,(C)	ED 58
IN H,(C)	ED 60
IN L,(C)	ED 68

10進↔16進変換表

下位＼上位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
5	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
6	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
7	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
8	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
9	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
A	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
B	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
C	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
D	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
E	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
F	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255

最上位×＼桁	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
×００	256	512	768	1024	1280	1536	1792	2048	2304	2560	2816	3072	3328	3584	3840
×０００	4096	8192	12288	16384	20480	24576	28672	32768	36864	40960	45056	49152	53248	57344	61440
×００００	65536														

●10進数・16進数変換表を使って、ＦＥＨを10進数に変換するときは、上位桁Ｆと、下位桁Ｅの交わったところを見ます。ＦＥＨは254であることがわかります。10進数40を16進数に変換するときは、40のところから、上位桁、下位桁を見ます。上位桁は２、下位桁は８なので、２８Ｈとなります。

下の表はＦＦＨ以上のとき使います。１００Ｈのときは、×００の×に１をあてはめて、１００Ｈとして見ます。１ＦＦＨのときは、１００で見て、上の表のＦＦＨを見、その値を合計します。

１００Ｈ=256　　ＦＦＨ=255　　２５６+255=511

1バイト符号付16進数

上位＼下位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
5	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
6	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
7	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
8	-128	-127	126	-125	-124	-123	-122	-121	-120	-119	-118	-117	-116	-115	-114	-113
9	-112	-111	-110	-109	-108	-107	-106	-105	-104	-103	-102	-101	-100	-99	-98	-97
A	-96	-95	-94	-93	-92	-91	-90	-89	-88	-87	-86	-85	-84	-83	-82	-81
B	-80	-79	-78	-77	-76	-75	-74	-73	-72	-71	-70	-69	-68	-67	-66	-65
C	-64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57	-56	-55	-54	-53	-52	-51	-50	-49
D	-48	-47	-46	-45	-44	-43	-42	-41	-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33
E	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17
F	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1

VRAMメモリ番地表　(40×25モード)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	F3 00	02	04	06	08	0A	0C	0E	F3 10	12	14	16	18	1A	1C	1E	F3 20	22	24	26
1	F3 78	7A	7C	7E	F3 80	82	84	86	88	8A	8C	8E	F3 90	92	94	96	98	9A	9C	9E
2	F3 F0	F2	F4	F6	F8	FA	FC	FE	F4 00	02	04	06	08	0A	0C	0E	F4 10	12	14	16
3	F4 68	6A	6C	6E	F4 70	72	74	76	78	7A	7C	7E	F4 80	82	84	86	88	8A	8C	8E
4	F4 E0	E2	E4	E6	E8	EA	EC	EE	F4 F0	F2	F4	F6	F8	FA	FC	FE	F5 00	02	04	06
5	F5 58	5A	5C	5E	F5 60	62	64	66	68	6A	6C	6E	F5 70	72	74	76	78	7A	7C	7E
6	F5 D0	D2	D4	D6	D8	DA	DC	DE	F5 E0	E2	E4	E6	E8	EA	EC	EE	F5 F0	F2	F4	F6
7	F6 48	4A	4C	4E	F6 50	52	54	56	58	5A	5C	5E	F6 60	62	64	66	68	6A	6C	6E
8	F6 C0	C2	C4	C6	C8	CA	CC	CE	F6 D0	D2	D4	D6	D8	DA	DC	DE	F6 E0	E2	E4	E6
9	F7 38	3A	3C	3E	F7 40	42	44	46	48	4A	4C	4E	F7 50	52	54	56	58	5A	5C	5E
10	F7 B0	B2	B4	B6	B8	BA	BC	BE	F7 C0	C2	C4	C6	C8	CA	CC	CE	F7 D0	D2	D4	D6
11	F8 28	2A	2C	2E	F8 30	32	34	36	38	3A	3C	3E	F8 40	42	44	46	48	4A	4C	4E
12	F8 A0	A2	A4	A6	A8	AA	AC	AE	F8 B0	B2	B4	B6	B8	BA	BC	BE	F8 C0	C2	C4	C6
13	F9 18	1A	1C	1E	F9 20	22	24	26	28	2A	2C	2E	F9 30	32	34	36	38	3A	3C	3E
14	F9 90	92	94	96	98	9A	9C	9E	F9 A0	A2	A4	A6	A8	AA	AC	AE	F9 B0	B2	B4	B6
15	FA 08	0A	0C	0E	FA 10	12	14	16	18	1A	1C	1E	FA 20	22	24	26	28	2A	2C	2E
16	FA 80	82	84	86	88	8A	8C	8E	FA 90	92	94	96	98	9A	9C	9E	FA A0	A2	A4	A6
17	FA F8	FA	FC	FE	FB 00	02	04	06	08	0A	0C	0E	FB 10	12	14	16	18	1A	1C	1E
18	FB 70	72	74	76	78	7A	7C	7E	FB 80	82	84	86	88	8A	8C	8E	FB 90	92	94	96
19	FB E8	EA	EC	EE	FB F0	F2	F4	F6	F8	FA	EC	FE	FC 00	02	04	06	08	0A	0C	0E
20	FC 60	62	64	66	68	6A	6C	6E	FC 70	72	74	76	78	7A	7C	7E	FC 80	82	84	86
21	FC D8	DA	DC	DE	FC E0	E2	E4	E6	E8	EA	EC	EE	FC F0	F2	F4	F6	F8	FA	FC	FE
22	FD 50	52	54	56	58	5A	5C	5E	FD 60	62	64	66	68	6A	6C	6E	FD 70	72	74	76
23	FD C8	CA	CC	CE	FD D0	D2	D4	D6	D8	CA	CC	CE	FD E0	E2	E4	E6	E8	EA	EC	EE
24	FE 40	42	44	46	48	4A	4C	4E	FE 50	52	54	56	58	5A	5C	5E	FE 60	62	64	66

VRAMメモリ番地表　（40×25モード）

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
0	28	2A	2C	2E	F3 30	32	34	36	38	3A	3C	3E	F3 40	42	44	46	48	4A	4C	4E
1	A0	A2	A4	A6	A8	AA	AC	AE	B0	B2	B4	B6	B8	BA	BC	BE	F3 C0	C2	C4	C6
2	18	1A	1C	1E	F4 20	22	24	26	28	2A	2C	2E	F4 30	32	34	36	38	3A	3C	3E
3	F4 90	92	94	96	98	9A	9C	9E	F4 A0	A2	A4	A6	A8	AA	AC	AE	F4 B0	B2	B4	B6
4	08	0A	0C	0E	F5 10	12	14	16	18	1A	1C	1E	F5 20	22	24	26	28	2A	2C	2E
5	F5 80	82	84	86	88	8A	8C	8E	F5 90	92	94	96	98	9A	9C	9E	F5 A0	A2	A4	A6
6	F8	FA	FC	FE	F6 00	02	04	06	08	0A	0C	0E	F6 10	12	14	16	18	1A	1C	1E
7	F6 70	72	74	76	78	7A	7C	7E	F6 80	82	84	86	88	8A	8C	8E	F6 90	92	94	96
8	E8	EA	EC	EE	F6 F0	F2	F4	F6	F8	FA	FC	FE	F7 00	02	04	06	08	0A	0C	0E
9	F7 60	62	64	66	68	6A	6C	6E	F7 70	72	74	76	78	7A	7C	7E	F7 80	82	84	86
10	D8	DA	DC	DE	F7 E0	E2	E4	E6	E8	EA	EC	EE	F7 F0	F2	F4	F6	F8	FA	FC	FE
11	F8 50	52	54	56	58	5A	5C	5E	F8 60	62	64	66	68	6A	6C	6E	F8 70	72	74	76
12	C8	CA	CC	CE	F8 D0	D2	D4	D6	D8	DA	DC	DE	F8 E0	E2	E4	E6	E8	EA	EC	EE
13	F9 40	42	44	46	48	4A	4C	4E	F9 50	52	54	56	58	5A	5C	5E	F9 60	62	64	66
14	B8	BA	BC	BE	F9 C0	C2	C4	C6	C8	CA	CC	CE	F9 D0	D2	D4	D6	D8	DA	DC	DE
15	FA 30	32	34	36	38	3A	3C	3E	FA 40	42	44	46	48	4A	4C	4E	FA 50	52	54	56
16	A8	AA	AC	AE	FA B0	B2	B4	B6	B8	BA	BC	BE	FA C0	C2	C4	C6	C8	CA	CC	CE
17	FB 20	22	24	26	28	2A	2C	2E	FB 30	32	34	36	38	3A	3C	3E	FB 40	42	44	46
18	98	9A	9C	9E	FB A0	A2	A4	A6	A8	AA	AC	AE	FB B0	B2	B4	B6	B8	BA	BC	BE
19	FC 10	12	14	16	18	1A	1C	1E	FC 20	22	24	26	28	2A	2C	2E	FC 30	32	34	36
20	88	8A	8C	8E	FC 90	92	94	96	98	9A	9C	9E	FC A0	A2	A4	A6	A8	AA	AC	AE
21	FD 00	02	04	06	08	0A	0C	0E	FD 10	12	14	16	18	1A	1C	1E	FD 20	22	24	26
22	78	7A	7C	7E	FD 80	82	84	86	88	8A	8C	8E	FD 90	92	94	96	98	9A	9C	9E
23	FD F0	F2	F4	F6	F8	FA	FC	FE	FE 00	02	04	06	08	0A	0C	0E	FE 10	12	14	16
24	68	6A	6C	6E	FE 70	72	74	76	78	7A	7C	7E	FE 80	82	84	86	88	8A	8C	8E

VRAMメモリ番地表（80×25モード）

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
0	F3 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	F3 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	F3 20	21	22	23	24	25	26	27
1	F3 78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	F3 80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	F3 90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F
2	F3 F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF	F4 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	F4 10	11	12	13	14	15	16	17
3	F4 68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F	F4 70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	F4 80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
4	F4 E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF	F4 F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF	F5 00	01	02	03	04	05	06	07
5	F5 58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	F5 60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F	F5 70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F
6	F5 D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF	F5 E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF	F5 F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
7	F6 48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	F6 50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	F6 60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F
8	F6 C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF	F6 D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF	F6 E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
9	F7 38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F	F7 40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	F7 50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F
10	F7 B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF	F7 C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF	F7 D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
11	F8 28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	F8 30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F	F8 40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
12	F8 A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF	F8 B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF	F8 C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
13	F9 18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	F9 20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	F9 30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F
14	F9 90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F	F9 A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF	F9 B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
15	FA 08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	FA 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	FA 20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F
16	FA 80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	FA 90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F	FA A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
17	FA F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FB 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	FB 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
18	FB 70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	FB 80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	FB 90	91	92	93	94	95	96	97
19	FB E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF	FB F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FC 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
20	FC 60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F	FC 70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	FC 80	81	82	83	84	85	86	87
21	FC D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF	FC E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF	FC F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF
22	FD 50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	FD 60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F	FD 70	71	72	73	74	75	76	77
23	FD C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF	FD D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF	FD E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF
24	FE 40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	FE 50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	FE 60	61	62	63	64	65	66	67

VRAMメモリ番地表（80×25モード）

	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
0	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	F3 30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F	F3 40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
1	F3 A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF	F3 B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF	F3 C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
2	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	F4 20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	F4 30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F
3	F4 90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F	F4 A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF	F4 B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
4	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	F5 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	F5 20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F
5	F5 80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	F5 90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F	F5 A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
6	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF	F6 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	F6 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
7	F6 70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	F6 80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	F6 90	91	92	93	94	95	96	97
8	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF	F6 F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF	F7 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
9	F7 60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F	F7 70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	F7 80	81	82	83	84	85	86	87
10	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF	F7 E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF	F7 F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF
11	F8 50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	F8 60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	5C	6D	6E	6F	F8 70	71	72	73	74	75	76	77
12	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF	F8 D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF	F8 E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF
13	F9 40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	F9 50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	F9 60	61	62	63	64	65	66	67
14	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF	F9 C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF	F9 D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF
15	FA 30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F	FA 40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	FA 50	51	52	53	54	55	56	57
16	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF	FA B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF	FA C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF
17	FB 20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	FB 30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F	FB 40	41	42	43	44	45	46	47
18	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F	FB A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF	FB B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF
19	FC 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	FC 20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	FC 30	31	32	33	34	35	36	37
20	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	FC 90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F	FC A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF
21	FD 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	FD 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	FD 20	21	22	23	24	25	26	27
22	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	ED 80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	FD 90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F
23	FD F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FE 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	FE 10	11	12	13	14	15	16	17
24	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F	FE 70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	FE 80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F

キャラクタ・コード表

下位＼上位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0		D_E		0	@	P		p	▁	┴		ー	タ	ミ	═	╳
1	S_H	D_1	¦	1	A	Q	a	q	▂	┬	。	ア	チ	ム	╞	円
2	S_X	D_2	‖	2	B	R	b	r	▃	┤	「	イ	ツ	メ	╪	年
3	E_X	D_3	#	3	C	S	c	s	▄	├	」	ウ	テ	モ	╡	月
4	E_T	D_4	$	4	D	T	d	t	▅	─	、	エ	ト	ヤ	◢	日
5	E_Q	N_K	%	5	E	U	e	u	▆	━	・	オ	ナ	ユ	◣	時
6	A_K	S_N	&	6	F	V	f	v	▇	┃	ヲ	カ	ニ	ヨ	◥	分
7	B_L	E_B	▼	7	G	W	g	w	█	│	ァ	キ	ヌ	ラ	◤	秒
8	B_S	C_N	(	8	H	X	h	x	▏	┌	ィ	ク	ネ	リ	♠	
9	H_T	E_M	)	9	I	Y	i	y	▎	┐		ケ	ノ	ル	♥	
A	L_F	S_B	*	:	J	Z	j	z	▍	└	ェ	コ	ハ	レ	♦	
B	H_M	E_C	+	;	K	[	k	{	▌	┘	ォ	サ	ヒ	ロ	♣	
C	C_L	→	,	<	L	¥	l	:	▋	╭	ャ	シ	フ	ワ	●	
D	C_R	←	−	=	M	]	m	}	▊	╮	ュ	ス	ヘ	ン	○	
E	S_O	↑	・	>	N	^	n	~	▉	╰	ョ	セ	ホ	“	╱	
F	S_I	↓	／	?	O	−	o		┼	╯	ッ	ソ	マ	°	╲	